Die forstliche Maschinenfrage.

◇◇◇◇◇◇

Inaugural-Dissertation

der staatswirtschaftlichen Fakultät der bayer. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Gottfried Amann,
bayer. Forstreferendar.

München, Februar 1927.

Angenommen von der staatswirtschaftlichen Fakultät der Universität München.
Berichterstatter: Prof. Dr. L. Fabricius.

Meinem verstorbenen Vater
und meinen gefallenen Brüdern

gewidmet.

Sonderabdruck aus „Forstwissenschaftliches Centralblatt" 1927, Heft 14, 15 u. 16, herausgegeben von den Professoren der Forstwissenschaft an der Universität München: Geh. Rat Dr. M. Endres, Dr. Schüpfer, Dr. L. Fabricius.

Inhalt.

Einleitung.

Zwei Tatsachen bringen die Forstwirtschaft über den Rahmen dessen, was sich aus der forstlichen Praxis unmittelbar schon an Mechanismen entwickelt hat, mit der Maschine in Berührung: Einmal der überall fortschreitende Übergang von extensiver zu intensiver Waldwirtschaft und die Ausdehnung der Forstnutzung auf noch unberührte Waldgebiete, dadurch, daß in den Maschinen neue Arbeitsmittel gefunden werden, und dann die mächtige Entwicklung des Maschinenbaus, der zur Verwertung seiner Produkte nunmehr an die Pforten der abgelegeneren Waldwirtschaft pocht. Damit erwächst der Forstwirtschaft ein Kreis technischer, wirtschaftlicher und sozialer Fragen, der infolge seiner eigentümlich forstlichen Art, mit der auch die Maschinenprobleme der nächstverwandten Landwirtschaft wenig gemeinsam haben, zur selbständigen forstlichen Maschinenfrage wird.

I. Die Grundlagen der forstlichen Maschinenfrage.

1. Arbeit.

Arbeit im physikalischen Sinn — das Produkt aus Kraft mal Weg — wird in unzähligen Formen geleistet, aber nur ökonomisch gebrauchte besitzt für den Menschen unmittelbaren Wert. Wirtschaftliche Arbeitsverwendung erfordert menschliches Zutun, die Schaffung künstlicher Arbeitsqualitäten, die sich aber verschieden nach den Arbeitszwecken auf starke natürliche Qualitäten stützen kann. In diesem Sinne unterscheiden sich

1. die Arbeit der anorganischen Naturkräfte,
2. pflanzliche,
3. tierische,
4. menschliche Arbeit.

Die anorganische Arbeit ist objektiv. Sie folgt jeder sich im Rahmen der mathematisch-physikalischen Gesetze bewegenden Veränderung. Ein Teil der Kräfte wirkt ununterbrochen, ein anderer ist gewinnbar und durch Energiespeicherung zu beliebigen Mengen und jederzeitigem Gebrauch zu akkumulieren. Die einzige Auswertungsform ist die genaue Richtungs- und Intensitätsregelung, was zusammen mit der gleichmäßigen Wirkung der Kräfte große Einseitigkeit begründet. Diese Tatsachen befähigen sie jedoch zu Qualitätsarbeiten des Taktes und besonderen Kraftbedarfes.

Dieser Gruppe gegenüber sind die folgenden organischen durch die mehr oder weniger subjektive Art der Arbeitsleistung und dadurch, daß sie den physiologischen Erscheinungen des Kräfteaufbaus und -zerfalles unterworfen sind, grundsätzlich verschieden. Sie gehorchen nur der Gesetzmäßigkeit.

Pflanzliche Arbeit ist an die Vegetationszeiten und außerdem an den Standort der Pflanzen gebunden. Stärke und Richtung sind durch die physiologische Wachstumskraft und das Triebleben bestimmt und errechenbar. Arbeitswille und Arbeitsvermögen erstrecken sich nur auf die Überwindung von Hemmnissen, die der Entfaltung der Triebe entgegenstehen. Alle Einstellung beruht auf Empfindungen. (Fälle pflanzlicher Arbeitsverwendungen sind bekannt.)

Das Tier besitzt Empfindung, Auge und Erinnerung, und ist frei beweglich. Seine Arbeit ist Muskelarbeit, die sich weder willkürlich noch triebhaft blind, sondern in strenger Unterordnung unter die höheren Sinnes- und Erinnerungseindrücke vollzieht. Es besitzt keine Vernunft, aber es versteht und kann über den Weg des Abrichtens und der Übung zu Qualitätsarbeiten des Gesichts und Gefühls herangebildet werden.

Der Mensch erhebt sich über das Tier durch die Wortsprache und den Verstand. Dadurch besitzt er allein die Möglichkeit zu fortschrittlichem wirtschaftlichen Handeln in der Einzahl und der verbundenen Gesellschaft. Er allein besitzt die Qualitäten zu verstandesmäßig orientierten Arbeiten.

Arbeit ist ein Kostenelement, dessen Verringerung naturgemäß die Wirtschaftlichkeit der Produktion hebt. Bestimmte Arbeiten erfordern bestimmte Qualitäten im oben beschriebenen Sinne. Soweit aber die Art der Energiequelle und Arbeitsmittel ohne merklichen Einfluß auf die Güte der Arbeitsleistung ist, wird die Frage der Auswahl zu einer rein wirtschaftlichen. In gegebener Produktion sind Einsparungen nur nach zwei Richtungen denkbar:

1. durch wirtschaftlichere Arbeitsmittel,
2. durch wirtschaftlichere Arbeitsmethodik.

Wirtschaftlicher ist zunächst das Billigere, dessen Begriff aus dem Verhältnis von Arbeitskosten zur Arbeitsleistung bestimmbar ist; auch zuverlässigere Arbeitsmittel sind billiger. Das Verhältnis kann jedoch mit Änderungen am Arbeitsmarkt, technischen und naturwissenschaftlichen Fortschritten u. a. jederzeit variieren.

Da sich der normale Arbeitsprozeß im Zusammenwirken von Arbeiten vollzieht, die ihrerseits das Ergebnis eines innigeren Zusammenwirkens von Teilarbeiten sind, kann die Änderung der Arbeitsmittel bezogen werden auf

1. Arbeitszüge,
2. Teilprozesse von solchen.

Ersteres wird nur möglich, wenn die gebrauchten Arbeitsmittel schon ursprünglich fehlerhaft gewählt wurden oder Entwicklungstatsachen zufolge anderen gegenüber nicht mehr die oberste Stufe der Wirtschaftlichkeit einnehmen. Das zweite ist dort am Platz, wo ein Arbeitszug Qualitäten verlangt, die keins der bekannten Arbeitssubjekte in sich vereinigt oder wo teure Arbeitskräfte gleichzeitig Arbeiten mit ausführen, die in gleicher Weise von billigeren auszuführen wären, oder wo durch die Verwendung neuerer Arbeitsmittel große Errungenschaften wenigstens teilweise der Produktion zunutze gemacht werden können. Hierzu sind die Arbeitszüge hinsichtlich des Qualitätsbedarfes ihrer Teilprozesse zu untersuchen und das Gleichartige festzustellen. Die Isolierung taktmäßiger mechanischer Arbeitsteile und deren gesonderte Behandlung mit anorganischen Mitteln und durch anorganische Kräfte, wodurch größere Arbeitsmengen bewältigt werden können, zudem meist billiger, unabhängiger und besser, bildet die Grundlage der technischen Mechanisierungsprobleme.

Wirtschaftlichere Arbeitsmethoden lassen einen Teil der Arbeitskräfte entbehrlich werden, nützen bezw. die vorhandenen besser aus. Wege hierzu sind im Taylorsystem und den darauf aufbauenden Arbeitswissenschaften gelegt.

2. Maschine.

Man definiert Maschinen als aus festgeformten Teilen zusammengesetzte Mechanismen, mittels welcher die Kräfte veranlaßt werden können, sich in mechanischer Arbeit zu äußern. Infolge des starren Baus arbeitet die Maschine vollkommen gleichartig im Sinne der Konstruktion. Veränderlich bleibt das Arbeitstempo, aber nicht mehr ohne Eingriffe in den organischen Bau die Arbeitsweise.

Danach kann die Maschine nur dort Arbeit leisten, wo sie mechanische Gleichförmigkeiten im Arbeitsprozeß vorfindet. Solche können schon von vornherein gegeben oder durch entsprechende Umformung des Arbeitsprozesses zu erreichen sein; andernfalls müßten die maschinentauglichen Teilarbeiten für die Maschine isoliert werden.

Die Eignung zur Mechanisierung wächst mit der Taktmäßigkeit der Arbeit. Lediglich für praktische Zwecke — genaue Abgrenzungen sind nicht möglich — kann man hiernach eine Viergruppenteilung annehmen:

1. Arbeiten, die sich nicht mechanisieren lassen; den Grund bilden große Unregelmäßigkeiten im Arbeitsvorgang, starke Bindungen an Ort und Zeit.

2. Arbeiten, die mechanisiert werden können, ohne daß hierdurch Verlauf und Ergebnis der Produktion wesentlich beeinflußt würden. Der Arbeits-

vorgang ist in diesem Falle weder qualitativ verbesserungsfähig, noch sonst intensivierbar.

3. Arbeiten, die durch Maschinenverwendung verbessert werden können; sei es nach Güte oder nach Menge. Voraussetzung ist hierbei, daß der Arbeitsvorgang gleichförmig und beschleunigungsfähig ist.

4. Arbeiten, die ohne Maschine gar nicht, bezw. nur unvollkommen auszuführen sind. Ursache kann übermäßiger Bedarf an Kraft oder Exaktheit sein.

Technische Ziele sind der Maschine in quantitativer und qualitativer, wirtschaftliche in der Erhöhung der Wohlfeilheit der Arbeit gesteckt. Wo sie nur nach Menge arbeitet, wird ihre Rentabilität durch den Kostenvergleich mit bisher geübten Hand- oder Tierarbeitsmethoden bestimmt; kommen Qualitätserhöhungen hinzu oder sind solche allein ausschlaggebend, so ergibt sich ihr wirtschaftlicher Wert — wie überall — aus dem Vergleich von Nutzen und Opfer. Immer dient die Maschine der Unterstützung oder dem Ersatz menschlicher Tätigkeit. Dabei kann die menschliche (und tierische) Arbeit lediglich umgeformt werden (durch Richtungsgabe qualitativ, durch Wegverlängerung mittels Hebelwirkung im Sinne der Quantität), oder es wird anorganische Kraft zum Antrieb verwendet. Man unterscheidet danach motorlose und motorische Maschinen.

Wissenschaft und Praxis arbeiten heute zusammen in dem Bestreben, den Wirkungsgrad der Maschinen möglichst vollkommen zu gestalten. Während jedoch die motorlosen Maschinen als Entwicklungsprodukte der Erfahrung im Gebrauch mit Geräten erst in neuerer Zeit mit der Wissenschaft verquickt werden, entwickeln sich die Motore aus der Wissenschaft, wo diese Möglichkeiten der technischen Auswertung von Kräften erkennen läßt und werden von da aus in die Praxis gebracht. Das erklärt die häufige Erscheinung, daß sich der Motorenbau zu streng an die zahlenmäßig rationalisierende Wissenschaft hält und dabei wichtige Erfordernisse der Praxis (Einfachheit) übersieht, und daß andrerseits gebräuchliche Arbeitsgeräte und -maschinen immer noch nach Formen gebaut werden, welche die Wissenschaft als rückständig und unwirtschaftlich bezeichnen muß. — Von den Naturkräften wird tatsächlich nur ein geringer Teil motorisch genutzt, weil vielfach die vorauszusetzenden Kenntnisse noch fehlen oder wirtschaftliche Gründe die Verwendung ausschließen. Der billigste und zuverlässigste Motor ist das Wasserrad, das aber für den hauptsächlich bewegungsmotorischen Bedarf der Forstwirtschaft nahezu keine Verwendung finden kann. Motore, die auch als Bewegungsmotore fungieren können und von der Witterung und sonstigen Zufälligkeiten unabhängig sind, haben sich nur in den folgenden drei Arten durchgesetzt:

1. Dampfmaschine,
2. Elektromotor,
3. Verbrennungsmotor.

Der betriebswirtschaftliche Wert dieser Maschinen ist darin zu suchen, daß ihre Betriebsenergien in großen Mengen, transportabel und verhältnismäßig billig erhältlich sind und durch Rationierungen zu gleichmäßiger Wirksamkeit in allen gewollten Stärkegraden gebracht werden können. Letzteres geschieht zweifach, indem einmal der voraussichtlich höchste Kraftbedarf durch entsprechende Dimensionierungen in der Konstruktion festgelegt wird, wobei gleichzeitig das tote Gewicht auf das mögliche Mindestmaß beschränkt werden kann; diese Leistung wird nach Pferdestärken (PS = 75 mkg/sec.) gemessen und darin die Arbeitsfähigkeit des Motors zum Ausdruck gebracht. Ferner durch Spezialregulierungsvorrichtungen, mittels welcher die Leistung innerhalb der Grenzen des Arbeitsmaximums und Stillstandes durch Regelung der Energiezufuhr dem jeweiligen Augenblicksbedarf anzupassen ist. (Für Verbrennungsmotore ist die Unterscheidung von sogenannten Steuer- und Brems-PS wichtig geworden; die Steuerpferdestärke ergibt sich aus einer Art Zylinderinhaltsformel und ist viel geringer als die Bremspferdestärke, die als Maß für die tatsächlich höchste Leistungsfähigkeit des Motors mittels besonderer Kraftmesser — sogenannter Bremsen — festgestellt wird. Man kann nun ohne Vergrößerung der Steuerpferdestärke, vor allem dadurch, daß man den Motor durch Konstruktionsänderungen rascherlaufend macht, die Bremsleistung heben, was unter dem Druck der deutschen Steuergesetze zu ganz einseitiger Entwicklung schnellaufender Motore geführt hat. Es steht zu erwarten, daß mit der geplanten Einführung der Brennstoffsteuer der Motorenbau diese Richtung verläßt.)

Die gebräuchlichste Dampfmaschinenkonstruktion läßt den Druck sich entwickelnden Wasserdampfes auf einen Kolben wirken, so daß dieser im Innern eines Zylinders zur Seite geschoben wird. Durch automatische Ventilvorrichtungen ist Regelung getroffen, daß der Dampfstrom nach einer bestimmten Wegstrecke gesperrt wird und von der anderen Seite des Kolbens her Zutritt erhält, sodaß der Kolben wieder zurückgedrängt wird. Dieser Vorgang wiederholt sich fortlaufend und wird mittels Kolbenstange, Kurbelwelle und Schwungrad in gleichförmig drehende Bewegung umgesetzt. Geschwindigkeits- und Kraftregulierung sowie Laufrichtungswechsel erfolgen durch Drosselung bezw. Umstellung des Dampfstromes und werden von einem Schalthebel aus betätigt. Der betriebswirtschaftliche Vorteil dieser einfachen Handhabung wird dadurch vermehrt, daß die Dampfmaschine infolge des stetig wirkenden zunehmenden Druckes in belastetem Zustande anzulaufen und sich weitgehend auf Belastungsänderungen durch entsprechende Gegendrucke einzustellen vermag. Der Prozeß ist einfach physikalisch und mechanismenfreier als beim Verbrennungsmotor, der Maschinengang zuverlässig. Da jedoch die notwendig weiten Umfassungsräume für Feuerung, Verdampfung und motorischen Mechanismus wegen der hohen Temperaturen und aus Stabilitätsgründen aus Metall bestehen müssen, ist die Maschine sehr schwer und aus diesem Grunde nur noch da schienenlos bewegungsmotorisch zu gebrauchen, wo keine großen Geschwindigkeiten erforderlich

sind und der hohe Bodendruck zum mindesten nicht störend wirkt. Diese Auswirkungen werden im standmotorischen Betrieb teils nicht, teils nur weniger stark empfunden, weil die Raum-, Gewichts- und Stabilitätsfrage von anderen Gesichtspunkten ausgehen, der Funkenwurf besser beschränkt, Wasser Leitungen entnommen und die Feuerung wirtschaftlicher angelegt werden kann; auch Sägemehl läßt sich durch den Vorbau eines treppenartigen Rostes, auf dem es durch Trocknung und Vorwärmung auf dem Weg in den Feuerraum in seiner Brennkraft gehoben wird, wirtschaftlich zur Heizung verwenden.

Ein ökonomischer Nachteil der heutigen Dampfmaschinen ist, daß infolge der getrennten Heiz- und Wasserräume sehr viel Wärme verloren geht, sodaß nur etwa 12—15 % der freigemachten Energien wirklich nutzbringend verwertet werden können. (Neuerdings legt man elektrische Heizkörper in den Wasserraum und erzielt damit bessere Ergebnisse.) — Die Dampfmaschinen sind wegen der erforderlichen Vorheizung nicht ständig betriebsbereit und hinsichtlich ihres Verbrauchs an Brennmaterial zum guten Teil von der Geschicklichkeit des Heizers abhängig. Wegen der ungenutzt in die Atmosphäre übergehenden Wärme und aus anderen Gründen sind Arbeitsunterbrechungen unwirtschaftlich.

Elektromotore bestehen aus einem drahtumsponnenen Anker, der zwischen zwei Magnetpolen drehbar gelagert ist. Der Arbeitsvorgang kommt dadurch zustande, daß durch selbsttätige Stromschaltungen (mittels Schleifkontakte) die Ankerteile im Augenblick der Annäherung an die Pole elektromagnetisch anziehend und während sie sich entfernen in gleicher Weise abstoßend gemacht werden. Inbetriebsetzung, Geschwindigkeits- und Laufrichtungsregulierung erfolgen durch Schließung des Stromkreises, vorgeschaltete Widerstände und Polwechsel, und sind sämtlich durch einfache mechanismenfreie Schaltungen zu vollziehen. Der Motor arbeitet selbst mechanismenfrei und deshalb mit wenig Störungsquellen, und kann vermöge erheblicher Überlastungsfähigkeit in bedingtem Maße auf mechanische Getriebe ganz verzichten; das Bedingende liegt in der Erwärmung der feineren Drähte, die bei nicht rechtzeitig erfolgender Wiederentlastung bis zur Entflammung steigerungsfähig ist. Diesen sowie allen anderen Kurzschlußgefahren begegnet man teils mit automatischen Ausschaltern und in der Hauptsache mit den (vom Hausgebrauch her bekannten) Drahtsicherungen zum Durchbrennen oder -schmelzen bei unzulässiger Stromstärke.

Zur Speicherung des elektrischen Stromes benutzt man Akkumulatoren, die jedoch im Verhältnis zur Aufnahmefähigkeit (Kapazität) so schwer sind, daß auf ihre allgemeine Verwendung im nicht-stationären, insbesondere dem elektromobilen Betrieb verzichtet werden muß. Man hat zwar bei gegebener Akkumulatorenzahl die Wahl zwischen Mehrbetonung der Leistungsdauer (durch Parallelschaltung) und der Leistungsstärke (durch Hintereinanderschaltung), jedoch nur des einen auf Kosten des anderen und in den Grenzen, die eine pflegliche Behandlung der Batterie erlaubt; sehr starker Stromentzug äußert

sich nämlich (durch Blasenwurf und Verbeulungen an den Bleiplatten infolge zu rascher Entgasung) in schädlicher bis völlig zerstörender Weise für die Batterie. Bei normalem Gebrauch verzehren sich die Platten ganz allmählich, indem sie Bleischlamm absetzen, der zur Batteriepflege in etwa halbjährigen Zeitabständen, mindestens aber früher als durch Brückenbildung oder Anhäufung auf dem Akkumulatorenboden innere Kurzschlußverbindungen entstehen, entfernt werden muß. Zu laden sind die Akkumulatoren nur mit Gleichstrom, weshalb etwa vorhandener Wechsel- oder Drehstrom erst (mittels 1. Gleichrichter oder 2. Umformeraggregat) in Gleichstrom transformiert werden muß. Der Entladungszustand der Batterie läßt sich mittels äußerer Kennzeichen, Meßapparaten, Säuredichtebestimmung, empirische Verbrauchsstundenberechnung und anderes mehr festellen. Das Laden selbst erfordert einige Stunden Zeit, braucht aber keine Beaufsichtigung, wenn zur Verhütung von Überladung oder unwirtschaftlichem Stromverbrauch automatisch wirkende Ausschalter verwendet werden.

Im Elektrofahrzeugbau gebraucht man zur Geschwindigkeitsdifferenzierung vorzugsweise die Spannungsunterschiede verschiedener Stromschaltungen und nimmt die (unwirtschaftlichen) Widerstände nur noch zum Anfahren. Zweimotorige Fahrzeuge fahren außerdem vom Stand weg und bergauf mit hintereinander-, sonst mit parallel- geschalteten Motoren. Häufig benutzt man auch die Eigenstromerzeugung des kurzgeschalteten Motors zu einer dem Lauf entgegenwirkenden elektrischen Bremsung.

Wo elektrische Kraft ohne weiteres aus Wasseranschlüssen erholt werden kann, ist sie billiger als Dampf und Benzin.

Verbrennungsmotore arbeiten durch den Druck explodierender Gase. Flüssige Brennstoffe werden zerstäubt, vernebelt, mit Luftsauerstoff gemischt, und im geschlossenen Zylinder zur Entzündung gebracht, worauf ähnlich wie bei der Dampfmaschine Kolben auf Kurbelwellen wirken.

Man bezeichnet die Bewegung des Kolbens von einem toten Punkt zum andern als Takt und trennt danach, ob auf je zwei oder je vier solcher Takte eine Zündung fällt, Zwei- und Viertaktmotore; beim letzteren nehmen Ansaugen der Luft bezw. der Luft-Gasmischung, Komprimieren derselben, Zündung mit folgender Ausdehnung und Auspuffen des verbrannten Gases je einen vollen Takt in Anspruch, während die gleichen Arbeitsverrichtungen beim ersteren auf zwei Takte zusammengedrängt sind. Viertaktmotore arbeiten deshalb exakter wie Zweitaktmaschinen, brauchen nicht so viele Zündungen, überhitzen sich seltener und verzehren sich langsamer, wenngleich sie andererseits den Mechanismus durch notwendige Ventilkonstruktionen zum rechtzeitigen Öffnen und Schließen des Zylinders nicht unerheblich komplizieren. Nach der Häufigkeit der Takte, die zu bestimmter Arbeitsleistung erforderlich sind, unterscheidet man schnell- und langsamlaufende Motore; die letzteren sind widerstandsfähiger und dauerhafter.

Man baut Ein- und Mehrzylinderaggregate und neben den normalen, bei denen der Zylinder festsitzt und die Kurbelwelle sich dreht, auch solche, bei denen die Zylinder um eine festsitzende Kurbelwelle laufen.

Die wichtigsten Vorgänge im Arbeitsprozeß der Verbrennungsmotore sind die Vergasung, d. i. die Überführung der flüssigen Kohlenwasserstoffe in den dampf- und gasförmigen Aggregatzustand sowie ihre Mischung mit dem Luftsauerstoff, und die Entzündung des Luftgasgemisches, welche die arbeitsleistende Explosion auslösen soll.

Die richtige Vergasung ist

1. doppelt wichtig, weil Unvollkommenheiten des Luftgasgemisches nicht nur die (im Brennstoffverbrauch zum Ausdruck kommende) wirtschaftliche, sondern auch die (etwa in der Zugkraft sich äußernde) tatsächliche Arbeitsleistung des Motors drücken und das Zustandekommen der Zündung überhaupt vereiteln, wenn das Mischungsverhältnis dies- oder jenseits des bei den verschiedenen Kraftstoffen verschieden gelegenen Explosionsbereiches liegt;

2. doppelt kompliziert, weil sie sich einmal der einzelnen Brennstoffqualität anpassen muß, insofern als schwere Betriebsstoffe erst bei höherer Temperatur verdampfen als leichte, wodurch unter sonst gleichen Verhältnissen ihre Vergasung weniger vollkommen wird, bezw. mehr Wärme oder Zeit braucht, und zweitens weil der Brennstoff- und Luftbedarf sowohl mit Belastungs- als klimatischen Änderungen wechselt; belastete Motore brauchen ein fetteres Brennstoffgemisch als leerlaufende, und der Sauerstoff der Luft, der einzige für die Verbrennung brauchbare Teil, sinkt mit steigender Luftwärme und zündet bei feuchter Luft schwerer als bei trockener.

Das explosiv wirksamste Mischungsverhältnis von Sauerstoff und Brennstoff ist zwar ebenso wie die mitspielenden Faktoren gekannt, aber man besitzt weder automatisch sich darauf einstellende Vergaser noch praktisch berechnete datenmäßige Angaben über die zweckmäßigste Einstellung von Hand aus. Was in dieser Richtung bisher erdacht und zur Verwendung gebracht wurde, ist noch weit vom Vollkommenen entfernt. Im bewegungsmotorischen Fahrzeugbetrieb, wo diese Fragen mit den ständig wechselnden Bedingungen naturgemäß am brennendsten sind, wird die Regelung durch auswechselbare Düsen und eine Reihe von Regulierungsvorrichtungen dem Verständnis des Motorführers anheimgegeben, der den jeweils besten Wirkungsgrad durch Probieren festzustellen sucht. — Durch Rationierung der Gasmenge wird auf die Geschwindigkeit des Motorlaufs eingewirkt.

Man ist nun innerhalb der Verbrennungsmotore zu folgenden grundsätzlichen Konstruktionen gekommen:

1. der Explosionsmotor, in welchem während des Ansaugehubes der Luftstrom aus Öffnungen (Düsen) flüssigen Brennstoff in Nebelform reißt, der sich mit dem Sauerstoff der Luft mischt und teils schon durch besondere Vor-

wärmung (bei schwereren Betriebsstoffen), teils erst an den heißen Zylinderwänden vergast. Die Zündung wird durch einen elektrischen Funken herbeigeführt, dessen Energien in einem zwangsläufig betriebenen Hochspannungsdynamo erzeugt und durch Kabel und Motorgehäuse auf Zündkerzen übertragen werden. Vorteilhaft ist bei dieser Motorenart, daß keine hohen Drucke zu gewichtigem Bau zwingen, nachteilig aber, daß nur leichte (teure) Kraftstoffe Verwendung finden können, daß ferner Vergaser und Zündapparatur teuer sind und als zusätzliche Bestandteile Handhabung und Wartung des Motors komplizieren und erfahrungsgemäß (durch Verrußen und Defektwerden der Kerzen, Verstopfen der Düsen usw.) leicht zur Störungs- und schließlich auch Brandquelle werden. Von Nachteil ist weiterhin, daß für das explosible Gasgemisch das kraftsparende Mittel der Kompression nur bei Brennstoffen mit hoher Widerstandsfähigkeit gegen Selbstentzündung (z. B. Benzol) Anwendung finden kann, und daß im Mehrzylinderaggregat dauernde Fehlzündungen in einem Zylinder nicht nur die momentane Leistung, sondern durch eventuelle Auswaschungen auch den Motor empfindlich schädigen können.

2. Der Glühkopfmotor, dessen eine Zylinderseite in einem Zündkopf endigt, komprimiert jeweils nur reine Luft, in welche im Moment der größten Verdichtung ein dünner Strahl (schweren) Betriebsstoffes gegen den zur Rotglut erhitzten Zündkopf gespritzt wird; Verdampfung und Explosion erfolgen spontan. Dieser Motor arbeitet also hinsichtlich der Zündung vollkommen mechanismenfrei und ist in seiner ganzen übrigen Konstruktion (hauptsächlich durch die Aus- und Einlaß regulierende Tätigkeit des Kolbens) ideal einfach. Die heute gebauten Maschinen dieser Art sind meist langsamlaufende Zweitakter mit vorzüglicher Eignung zu Arbeitszwecken auf dem Lande. Die einige Minuten dauernde Vorwärmung des Glühkopfes (mittels Lötlampe) stört im Arbeitsbetrieb keineswegs und ist auch nur zum Antrieb nötig, weil die in Gang befindliche Maschine jeweils selbst genügend Hitze zur Aufrechterhaltung des Zündungsprozesses liefert.

3. Der Dieselmotor benutzt die physikalische Tatsache der Brennstoffselbstentzündung in hochkomprimierter Luft und ist in den modernen sogenannten kompressorlosen (1. Einspritz-, 2. Vorkammer-)Verfahren zu theoretisch vollkommener Einfachheit entwickelt. Praktisch sind die heutigen Formen für den bewegungsmotorischen Gebrauch noch zu kompliziert, und dann scheint es, daß vorerst der Dieselmotor wie auch die Dampfmaschine erst von bestimmter Größe an wirtschaftlich zu arbeiten vermag.

Gruppe 1 umfaßt die leichten und vermöge außerordentlich steigerungsfähiger Tourenzahlen überall brauchbaren Benzin- und Benzolmotoren, während 2 und 3 die mittelstarken, bezw. die mittel- bis sehr starken Arbeitsmaschinen stellt. Die technische Auswertung der letzteren ist nach unten hin begrenzt; sonst liegt ihr Vorteil nicht nur in der Verarbeitung schwerer verdampfender und infolge des gröber disponierten Motors auch weniger reiner Betriebs-

stoffe sowie in besseren thermischen Wirkungsgraden, sondern auch darin, daß sie durch den Wegfall von Vergaser und Zündvorrichtung ziemlich brandsicher für sich selbst und durch den hohen Siede- und Flammpunkt ihrer meisten Betriebsstoffe auch für die betriebsstofflagernde Fahrzeughaltung sind. Wie wichtig das letztere für die kleine, nur aus Fässern tankende forstliche Maschinenhaltung ist, erhellt aus einer statistisch gestützten — und bei den sehr niederen Dampfentwicklungstemperaturen von 6—15° C für Benzin und Benzol auch verständlichen — Behauptung, nach der 90% aller Benzinexplosionen ihre Ursache in leeren Benzinfässern haben sollen.

Zum Schutz vor den Gefahren der Aufbewahrung feuergefährlicher Flüssigkeiten baut man (gewöhnlich 1 m tief unter die Erde) besondere Tankanlagen und zwar einmal nach dem Salzkottener Sicherungsprinzip in der Weise, daß alle Leitungseingänge zu den Behältern zum Schutz gegen Feuerzutritt mit Flammendurchschlagsicherungen (nach Davyschen Grundsätzen) versehen werden, und zweitens nach dem Verfahren von Martini und Hüneke, welches durch Ersatz der Luft mit flammenerstickenden Gasen (Kohlensäure und Stickstoff) die gefahrbringende Benzindampf-Sauerstoff-Mischung überhaupt ausschließt. Das letztgenannte System kann als absolut sicher gelten, schützt sich auch selbst gegen innere Verrostung, hat aber den Nachteil der ständigen Schutzgasbeschaffung.

Die Unvollkommenheiten des Verbrennungsmotors beruhen nun nicht allein in den wenig gelösten Komplikationen des chemischen, sondern auch des physikalischen Arbeitsprozesses. Dadurch, daß nur die Explosion tatsächlich Arbeit leistet, der Explosionsmotor nur unbelastet anläuft und der einzelne Arbeitstakt eine ziemlich konstante dynamische Größe darstellt, werden Schwungrad, Kupplung und (mangels brauchbarer kontinuierlicher Getriebe) besondere Wechselgetriebe erforderlich. Im bewegungsmotorischen Betrieb kommt noch das Differentialgetriebe zum Ausgleich der verschiedenen Radgeschwindigkeiten bei Kurvenfahrten hinzu, welches zwar selbsttätig wirkt, aber zusammen mit den vorgenannten Elementen eine große Kosten- und Materialbelastung für die Motoranlage ergibt.

Der standmotorische Gebrauch ist der einfachste. Rücksichten auf Raum und Gewicht sind gewöhnlich nicht vordringlich und zwingend, die nötige Stabilität leicht zu erreichen. Die Energien können zweckmäßiger gewählt, Erwärmung nnd andere Begleiterscheinungen des Arbeitsprozesses vollkommener ausgewertet, der Schutz empfindlicher, namentlich gleitender Teile wirksamer erreicht werden. Der standmotorische Betrieb ist deshalb billiger als der bewegungsmotorische.

Im bewegungsmotorischen Betrieb muß die Anlage den Schwankungen entsprechend von vornherein stabiler gebaut werden, das Gewicht gefedert und der Organismus gegen Störungen, die aus der Lageveränderung erwachsen könnten, unempfindlich gemacht werden. Alle Temperaturunterschiede wirken unmittelbar auf den Motor ein und verlangen schon insofern Aufmerksamkeit,

als die kältere Jahreszeit Schmierstoffe geringerer Zähigkeit (Viskosität) verlangt und das mit Ausdehnung verbundene Gefrieren von Wasser (etwa in den Kühlanlagen der Verbrennungsmotore) unbedingt verhindert werden muß.

3. Forstwirtschaft.

Forstwirtschaft ist die auf die Begründung, Pflege und Nutzbarmachung des Waldes gerichtete planmäßige Tätigkeit (Endres). Da der Begriff des Wirtschaftens Knappheit der fraglichen Güter voraussetzt, und die Intensität sich erfahrungsgemäß nach der Seltenheit des Gutes zu richten pflegt, wird die Forstwirtschaft nach den unterschiedlichen Verhältnissen von Holzvorrat und -bedarf in allen Entwicklungsstufen vorgefunden. In Blüte steht sie heute nur dort, wo der Wald eine starke Quelle nationalen Erwerbs bildet oder industrielle Entwicklung zu außerordentlicher Wertschätzung des Holzes geführt hat. Mit den steigenden Holzpreisen, der Mehrung des Verbrauchs und der Verbesserung der Verkehrsmittel werden die bisherigen Forstwirtschaftsbetriebe intensiviert und entferntere Gebiete zu geregelter Nutzung herangezogen werden. — Die Forstwirtschaft ist eigener Art. Von anderen Produktionen ist sie durch den Charakter der Naturproduktion und im Kreis der letzteren dadurch, daß in ihr das Naturelement am unverfälschtesten bewahrt ist, verschieden. — Alles organische Leben ist vom Kampf ums Dasein beherrscht, einem Doppelkampf, der defensiv um die Existenz gegen organische und anorganische Gefahren geführt wird und sich aggressiv gegen das Schwächere richtet. Tier und Pflanze denken nicht über den Wert des Lebens und dessen besondere Gestaltung nach; ihr Sein ist einfach Tatsache und alle Regungen desselben entspringen lediglich den Urtrieben der Natur nach der eigenen und der Erhaltung der Art. Das beschränkt einerseits ihren Daseinskampf auf die erreichte Sättigung und Gefahrenabwendung, andrerseits erzwingt es dessen ewigen Fortbestand, weil die Entfaltung dieser Triebe immer wieder zu einer Berührung mit dem Leben anderer Organismen führt. Im Wechsel von Siegen und Fallen bildete sich nun in erdgeschichtlichen Zeiträumen der Artenreichtum und Gegenwartsbestand in Fauna und Flora, welcher in einem Gleichgewichtszustand schwingend unveränderlich in die von praktisch wirtschaftlichem Denken umfaßbare Zukunft übergeht. Die Natur bemißt die Zahl ihrer Nachkommen jeweils schon so reichlich, daß jedem Einzelindividuum bezw. jedem Elternpaare wieder e i n ebensolches in der nächsten Generation nachfolgt; je gefährdeter deshalb die Art, desto reichlicher die Nachkommenschaft. Störungen im Gleichgewichtssystem führen zu Kalamitäten. — An diese Tatsachen knüpft nun die Forstwirtschaft an, indem sie zugunsten ihrer Baumindividuen in den Kampf eingreift. Bestimmend sind hierfür Beobachtung und Erfahrung, die eine immer mächtigere Stütze an den Erkenntnissen der Forstwissenschaften finden.

Die wichtigsten K a p i t a l i e n d e r F o r s t w i r t s c h a f t — Boden und Holzvorrat — sind weder ersetzbar noch beliebig vermehrbar. Produktions-

steigerungen durch Kapitalinvestitionen finden in natürlichen Tatsachen bald ihre Grenzen und halten auch innerhalb derselben mit dem Mehraufwand nicht Schritt (Gesetz vom abnehmenden Bodenertrag).

Der Zeitbedarf der forstlichen Produktion ist durch regelmäßige, unveränderliche Produktionsperioden und die pflanzenphysiologische Wachstumskraft festgelegt. Beste Vegetationsverhältnisse können (durch Verbesserung der Standortsfaktoren, günstigste Licht-, Wärme- und Feuchtigkeitsverwertung, Zuchtwahl) erstrebt, nicht aber die Fristen zwischen Bestellung und Ernte über das unter günstigsten Bedingungen erreichbare Zeitminimum verkürzt werden.

Der forstliche Arbeitsbedarf ist in sämtlichen Dispositionen rein geistig und setzt zu den ausführenden Arbeiten soviel verstandesmäßige Behandlung voraus, daß er insgesamt geistige Arbeitsqualitäten braucht:

Die Bestandesgründung erfolgt natürlich oder künstlich. Naturverjüngung tritt bisweilen von selbst in brauchbarer Form auf, aber gewöhnlich müssen ihr erst — auf künftigen absoluten Waldböden sicher mehr noch wie heute — die Bedingungen geschaffen werden; Arbeiten hierzu sind Bestandsauflichtung und Bodenbearbeitung. Wo von vornherein auf natürlichen Samenabfall verzichtet werden muß (Neuaufforstungen) oder die natürliche Verjüngung zu wenig brauchbar und verlässig geboten wird, sät oder pflanzt man, und zwar meist nach vorhergegangener Bodenbearbeitung. Die Saat tritt, wiewohl natürlicher wie die Pflanzung, im intensiven Forstwirtschaftsbetrieb immer mehr zurück, teils weil sie auf guten Böden dem rascheren Unkraut und auf schlechten der physikalischen Oberflächenbeschaffenheit nicht gewachsen ist, teils deshalb, weil ihr die Vorteile der Pflanzung fehlen, daß die Umtriebszeit um das Alter der Pflänzlinge gekürzt, der junge Bestand gleichmäßiger angelegt und seine Zukunft ganz anders gesichert wird. Das Bepflanzen der Kulturfläche geschieht gewöhnlich in strengen Verbänden und nach Methoden, die der geologischen, physikalischen und sonstigen Beschaffenheit des Bodens u. a. Rechnung tragen. Die Pflänzlinge erzieht man im Pflanzgarten aus Saat, der häufig Verschulung — das Umsetzen von Pflänzlingen auf neue Beete zur besseren Entwicklung — folgt.

Mechanische Arbeiten der Bestandeserziehung sind lediglich Durchforstungen und in untergeordnetem Maße Aufastungen zur Erhöhung der Nutzholztauglichkeit.

Der Hauptbedarf an forstlichen Arbeiten entfällt aber auf die Bestandesnutzung, deren wirtschaftlich bequemste Form der Großkahlschlag in geradliniger Flächenbegrenzung ist; die Arbeit liegt konzentriert und wird nicht durch Rücksichtnahmen auf nebenstehenden Bestand oder Jungwuchs erschwert, wie sie bei den waldbaulich und bodenpfleglich begründeten modernen Kleinkahlschlägen und Hiebsmethoden bis zur durchforstungsähnlichen Baumwirtschaft notwendig sind. Der Fällungsbetrieb läßt die Wahl zwischen der Fällung mit Axt und Säge und der Rodung, welche den Baum mit den Wurzeln umlegt. Üblicher

ist die Fällung, weil der Rodebetrieb nach den heutigen Methoden zeitraubender, schwerfälliger und vielfach bodenunpfleglicher ist und damit so viele Nachteile in sich birgt, daß auch die quantitativ und qualitativ höhere Holzbeute nicht mehr verfängt; zudem können die im Fällungsbetriebe dem Boden verbliebenen Stöcke durch Sprengung oder in bodenpfleglicher Weise durch Handarbeit genutzt werden. — Es folgen Ausformung (Entasten) und Sortierung (Meß- und Sägearbeiten) und die Ausbringung; wo die letztere Kulturen beschädigen würde oder das Holz so liegt, daß es keinen gebräuchlichen Fuhrwerken zugänglich ist, wird es gesondert aus dem Bestand gebracht und an geeigneten Stellen gegantert. Wert und Massivität der Stücke sowie das Schutzbedürfnis der Bestandsobjekte lassen verschiedene Rückverfahren zur Anwendung kommen. Wo die Gebiete der Holzerzeugung von den Zentren des Verbrauchs weit entfernt und in schwierigem Gelände gelegen sind, wird häufig noch besondere Bringung an Verkehrsadern oder Punkte nötig, von denen aus die Weiterverfrachtung keinen Schwierigkeiten mehr begegnet. Diesem Zwischentransport wurden schon (mit beträchtlichem Mühe- und Kostenaufwand) zahlreiche, den oro- und hydrographischen Verhältnissen angepaßte Anstalten zu ständigem und vorübergehendem Gebrauch errichtet, welche Wege, Straßen, Riesen, Waldbahnen, Triften und Flößereien umfassen. Höhenunterschiede werden so benutzt, daß die Schwerkraft des Frachtholzes dauernd als Motor wirkt. Wege und Straßen bilden im Winter Schneebahnen, im Sommer werden sie mit tierischem oder motorischem Vorspann und Lastkraftwagen benutzt. Entfernteren Weitertransport besorgen Bahnen und schiffbare Flüsse.

Bestandsnutzungs- und Wiederaufforstungsarbeiten nehmen nach großen Kalamitäten riesenhafte Ausdehnungen an.

Keine der forstlichen Arbeiten stellt von vornherein einen selbständigen mechanischen Arbeitszug dar, noch sind Möglichkeiten zu rein mechanischer Gestaltung erkennbar. Alle Arbeiten sind auf mitwirkende Sinnestätigkeit angewiesen. Obenan steht der Gesichtssinn, weil er einmal die zu allen forstlichen Arbeiten nötige räumliche Orientierung vermitteln muß, dann weil er das bedeutendste, meist einzige Hilfsmittel bei Sortierungs- und ähnlichen Geschäften bildet, und weil außerdem die für viele Arbeiten erforderliche individuelle Behandlung erst aus den gewonnenen Gesichtseindrücken gefunden werden kann. Somit scheidet die Möglichkeit vollständiger Mechanisierung gänzlich aus, und auch die teilweise kann unmöglich werden, wenn der materielle Arbeitsanteil keine Eignung zur Mechanisierung besitzt.

In der Frage nach der Mechanisierung von Arbeitsteilen kann man sowohl von den gegebenen Verhältnissen des Forstbetriebs ausgehen und untersuchen, welche von den praktizierten Arbeitsverrichtungen zur Mechanisierung geeignet sind, als auch von technischen und wirtschaftlichen Tatsachen der Maschinen und erwägen, inwieweit diese dem Forstbetrieb zunutze gemacht werden können. Der zweite Weg führt möglicherweise zu neuen Ideen; beiden wird

Rechnung getragen, wenn einerseits alle forstlichen Betriebsarbeiten vorgenommen werden und andrerseits durch ihre Gliederung im Sinne der oben gebrauchten „Viergruppenteilung" das Wesen der Maschine berücksichtigt wird. Richtschnur muß in allen Fällen das praktisch und wirtschaftlich Mögliche sein, weshalb auch für die folgende Auswahl und Qualifikation im einzelnen neben den maschinentechnischen Gesichtspunkten betriebswirtschaftliche maßgebend sind.

Nicht mechanisierbar sind einmal das Pflanzgeschäft, das außer bei ganz primitiven Methoden und Ballenpflanzung neben dem nötigen Gesichts- und Tastvermögen ein höchst kompliziertes Ineinandergreifen von Tätigkeiten beansprucht, sowie überhaupt alle Arbeiten, bei denen die Abhängigkeit von der Mitwirkung der Sinne sehr groß ist, oder die so zerstreut und nach Ausmaßen und Häufigkeit des Vorkommens so gering sind, daß sie im einen Fall aus Qualitäts-, im anderen aus Rentabilitätsrücksichten den Maschinengebrauch ausschließen. Kulturmaßnahmen des Pflanzenschutzes (Teeren, Umpflocken, Ausschneiden), Arbeiten des kleinen Forstschutzes, Nutzung von Forstnebenprodukten, Durchreiserungen im Durchforstungssinne, kleine Durchforstungen, Einzelfällungen und auch gering anfallende Kollektivarbeiten mit kleinem Kraftbedarf gehören hierher.

Arbeiten der Gruppe 2, welche mechanisierbar sind, ohne daß dadurch grundlegende betriebs- und finanzwirtschaftliche Vorteile erzielt werden könnten, sind: das Registrieren von Zahl, Art und Stärke bei Wald- und Materialaufnahmen, Bodenbearbeitungen (und andere Tätigkeiten, auch Drillen, Gießen) im forstlichen Pflanzgarten sowie im Wald und auf der Kulturfläche bei geringem Umfang, Fällungsarbeiten bei Durchforstungen und solchen ähnlichen Hieben, Aufastung stehenden sowie Entasten und Entrinden liegenden Holzes, Holzrücken, -gantern und -verladen, Baum- und Stockrodung. Das Gemeinsame ist, daß sich die Maschine nicht voll entfalten kann, teils weil bei günstigen Bedingungen der Arbeitsbedarf nur gering ist, teils weil bei größerem Arbeitsbedarf die technischen Bedingungen für die Maschine wenig günstig liegen.

Zur nächsten Gruppe gehören der Fällungs- und Aufarbeitungsbetrieb im großen, wie er künstlich in der Form des Kahlschlages und natürlich meist durch Kalamitäten geschaffen wird, zusammenhängende Bodenbearbeitungen (Roden, Pflügen, Fräsen) und Wegbauarbeiten (Steinbrechen, Walzen), sowie persönliche und sachliche Transportleistungen (Beförderung von Beamten, Arbeiterrotten, Feuerlöschmannschaften; Holzbringung und Abfuhr, sonstige Material- und Erdbewegungen); außerdem die Schneid- und Spaltarbeiten in Holzhöfen und die Kundenzustellung von Brennholz, sofern diese dem Forstbetrieb noch angehört. Sämtliche Arbeiten sind infolge großer Taktmäßigkeit zu motorischer Mechanisierung geeignet und werden in der neuen Form rascher und exakter ausgeführt.

Arbeiten, die sich nur maschinell ausführen lassen, können nicht ursprünglich im Forstwirtschaftsbetrieb einbegriffen sein, sonst hätte dieser nicht schon zu einer Zeit bestehen können, zu der es noch keine Maschinen gab. Somit unterscheiden

sich die Arbeiten der letzten Gruppe von den vorhergehenden nicht nur graduell, sondern auch prinzipiell, weil sie nicht, wie diese, mechanisiert, sondern erst aus der Existenz der Maschine abgeleitet werden. Bekannt sind die neuartigen Arbeitsbehandlungen vom Flugzeug aus (Inspektions-, Forsteinrichtungs-, Waldschädlings- und Waldbrandbekämpfungsarbeiten), deren künftiger Wert außer Frage steht, wenngleich das gegenwärtig Erreichbare sich großenteils noch unzulänglich erweist (Kartierung im Gebirge). Das Gebiet ist ausbaufähig.

Drei forstliche Arbeitseigentümlichkeiten sind festzustellen: 1. daß die Arbeitsausführung geistige Regsamkeit und körperliche Gewandtheit zumeist gleichzeitig verlangt, 2. daß infolge des bodenverbundenen Daseins der Pflanzen die Arbeiten örtlich und 3. infolge pflanzenphysiologischer und atmosphärischer Tatsachen auch zeitlich gebunden sind. Kulturarbeiten, Rodung, Fällung, Materialbewegungen sind von Vegetationszeiten, Bodenzustand (feucht, gefroren, trocken), Schneeperioden u. a. m. unmittelbar abhängig.

Hinsichtlich Zahl und Qualität der Arbeitskräfte ist zu vielen Arbeiten Organisation erforderlich.

Mancherorts wird die Forstwirtschaft ausschließlich ihrer Schutz- und Wohlfahrtswirkungen wegen betrieben oder als sichere Anlage privaten Vermögens betrachtet, auf dessen Zinsengenuß der Besitzer jagdlichen und waldästhetischen Vorteilen zuliebe verzichtet. Das Profitmoment tritt nirgends so gern wie in der Waldwirtschaft hinter das dekorative des Besitzes zurück.

II. Die Grundfragen der forstlichen Maschinenfrage.

Im Kreis der forstlichen Maschinenprobleme dominieren die drei Fragen:

1. nach den maschinentauglichen Arbeiten und den entsprechenden Maschinen;
2. nach den Vor- und Nachteilen der Maschinenverwendung;
3. nach der Eingliederung in den Forstbetrieb.

1. Wahl der Arbeiten und Maschinen.

Dieser Frage ging schon die Feststellung voran, daß Arbeitsmechanisierungen im Sinne unserer modernen Fabrikationsmethoden in der Forstwirtschaft nirgends möglich sind, weil bestenfalls nur Teile von forstlichen Arbeiten die Vorbedingungen zur Mechanisierung besitzen; danach wurden die Forstarbeiten hinsichtlich ihrer Maschinentauglichkeit gruppenweise getrennt. Diese lediglich von technischen Gesichtspunkten geleitete Betrachtungsweise kann jedoch für die Praxis keineswegs alleinbestimmend sein; mitsprechende Momente sind die folgenden:

Wenn man trennt zwischen *kraftersetzender* und *qualitätserhöhender Maschinenverwendung*, so können diese — je für sich betrachtet — hinsichtlich ihrer finanziellen Auswirkungen vollkommen gleichwertig sein; für das Ergebnis der Produktion sind sie aber insofern stets verschieden,

als die letztere im Gegensatz zur ersteren das Produkt ändert. Wo nun diese Änderung eine fortschrittliche und als solche erkennbar ist, möchte man vom Gesichtspunkt der Produktivität aus von einer zwingenden, im Gegensatz zur indifferenten, lediglich die Energiequelle berührenden Mechanisierung sprechen. — Nun findet in der Forstwirtschaft keine Bearbeitung des Wirtschaftsgutes statt; die Arbeit am Holze beschränkt sich auf die Fällung und das Längen und Spalten in leichter transportable oder schichtbare Stücke, in welcher Form es als Rohprodukt weitergegeben wird. Merkliche Arbeitsqualitäten kommen hierin nicht zum Ausdruck, und auch der indirekte Einfluß, der im Sinne der Qualitätserhöhung auf das Endprodukt durch Erziehungsmaßnahmen und Schaffung besserer Wuchsbedingungen ausgeübt werden kann, besitzt in seinen Betätigungsformen keine materiellen Arbeiten, die nur durch die Maschine oder durch die Maschine besser geleistet würden. Da außerdem auch nirgends so großer quantitativer Arbeitsbedarf gegeben ist, daß er nicht auch ohne Maschinenkraft zu bewältigen wäre, entbehrt die Forstwirtschaft des vorbeschriebenen inneren Zwanges zur Mechanisierung, wie er anderen Produktionen aus der Entwicklung der Maschine im Zusammenhang mit fortgeschrittenen Anforderungen an die Qualität der Güter oder Leistungen erwachsen ist, vollständig.

Diese Freiheit wird dadurch noch erweitert, daß die forstlichen Arbeiten in keiner unmittelbaren gegenseitigen Verbindung stehen. Diese Feststellung ist nach der vorangegangenen Trennung der Arbeiten insofern wichtig, als die Wahl der Arbeiten, welche im einzelnen mechanisiert werden sollen und können, in welchem Umfang und welcher Intensität, häufig durch innere unzertrennliche Verknüpfungen stark beeinträchtigt wird. Da solche also in der Forstwirtschaft nicht gegeben sind, Fällung, Aufarbeitung, Rücken und Abfuhr usw. keine fühlbaren Zusammenhänge zu erkennen geben, können die maschinentauglichen forstlichen Arbeiten vollkommen selbständig und in beliebigem Umfang innerhalb der Grenzen ihrer mechanischen Eignung mechanisiert werden.

Mechanisierungsbedarf und Mechanisierungsmöglichkeit sind bei der gewaltigen Verschiedenheit der Forstbetriebe naturgemäß nicht einheitlich. Die Geländeformung, die hydrographischen- und Grundverhältnisse, der örtliche Waldreichtum, die Lage der Bestände zueinander, ihre Aufgeschlossenheit und der Waldzustand ergeben eine natürliche Situation, die durch die künstlich gewordene, wie Besitzstandsverhältnisse, Straßen und Bahnen, schiffbar gemachte Wasser, Lage zu Verbrauchsorten, besonders auch den örtlich gepflogenen Intensitätsgrad der Forstwirtschaft vervollständigt wird. Es leuchtet ein, daß schon mit den ganz verschiedenen Richtungen des Arbeitsbedarfs, vielmehr aber noch dem nötigen Anpassungszwang Richtung und Art der Mechanisierung, sowie der Maschinenbedarf verschieden sein muß. Das Gebirge braucht anders konstruierte und wesentlich stärkere Fahrzeuge als die Ebene und diese wieder besondere Anpassungen der Fortbewegungsorgane an weichen und festen Grund. Witterungsperioden sind noch errechenbar; ganz neue Verhältnisse können

dagegen Änderungen von nur mehr oder weniger vorübergehendem Bestand, wie sie Zufall und Zeitenwechsel mit sich bringen, nach sich ziehen. Solche sind Änderungen des Bedarfes und der Marktlage nach Art und Dimensionierung des zu bringenden Holzes und namentlich Brand-, Wind- und Insektenkalamitäten, die zur Bekämpfung und späteren Aufarbeitung des Anfalles den Arbeitsbedarf ganz ungeheuer vermehren und in ganz andere Formen bringen können.

Dieses Register von zu berücksichtigenden Wirklichkeiten und Möglichkeiten — das sich übrigens mühelos vermehren ließe — hindert jedoch nur an der Festsetzung allgemeingültiger oder die Zukunft betreffender Regeln. Im Einzelfall müssen die Erwägungen schon wegen der geringeren Anzahl und der Möglichkeit bestimmter Wertung aller mitsprechenden Faktoren relativ einfach werden, wenn sie nicht schon gleich durch natürliche oder wirtschaftliche Tatsachen völlig klar vorgezeichnet sind. Der Hauptbedarf und damit das gewöhnlich nächstliegende Bedürfnis und die erste Möglichkeit zur Maschinenverwendung entfällt normalerweise auf die Arbeiten der Gruppe „drei“, die Fällung und Aufarbeitung im großen, die Holz- und sonstigen forstlichen Materialbewegungen, die Arbeiten des Wegbaus und der Bodenkultur usw., welche lediglich wieder unterschiedliche Dringlichkeitsansprüche und Kraftbedürfnisse zeigen werden. Diese Größen müssen von Fall zu Fall feststellbar sein, so daß es nicht schwer sein kann, die Arbeiten zu finden, die unter gegebenen Verhältnissen nach Maschinentauglichkeit und Größe des zeitlichen und materiellen Arbeitsbedarfes die beste betriebswirtschaftliche Eignung besitzen. Mit diesen wird man die Mechanisierung beginnen, wenn nicht ganz besondere Gründe widersprechen.

Nun wird die Maschinenverwendung noch dadurch erschwert, daß der Boden nicht nur als Gewichtsunterlage der Maschine während ihrer Fahrt und ihres Standes in Frage kommt, sondern in erster Linie als grundlegender Wachstumsfaktor und als solcher Rücksichten verlangt; Rücksichten fordert daneben auch der Wald. — Nach den heutigen Erkenntnissen der Wissenschaft beruht das Schwergewicht der forstlichen Holzproduktion in viel geringerem Maße als im Nährstoffgehalt in der physikalischen Bodenbeschaffenheit. Das Nährstoffbedürfnis unserer meisten Waldbäume — namentlich der Nadelhölzer — wird so gering angenommen, daß ihm die überwiegende Mehrzahl der Böden genügen kann, wenn die chemischen Bestandteile den Wurzeln zugänglich sind. Hierfür ist aber die physikalische Beschaffenheit des Bodens von elementarster Bedeutung, weil sie nicht nur in den obersten Schichten das Mikroorganismenleben, das die Zersetzung der Waldstreu und die Gesunderhaltung des Humus besorgt, ermöglicht und die mineralischen Schichten den Wirkungen von Spaltenfrost und Lösung erschließt, wodurch die Bodenchemikalien erst für die Pflanze aufnahmefähig werden, sondern auch den Wurzelorganen selbst erst die Bedingungen zur Erhaltung der Lebensfähigkeit gewährt. Und da im guten physikalischen Bodenzustand die erste Grundlage zur Er-

haltung und Mehrung der Bodenkraft ruht, gehört die Waldbodenpflege zu den Lebensfragen der Forstwirtschaft. — Lockerheit im allgemeinen, Krümelstruktur und Kannelierung im besonderen, die Merkmale guten Bodenzustandes, sind natürlich gegen Druck empfindlich und werden bei Überschreitung gewisser Elastizitätsgrenzen zerstört. Da die Bodenelastizität ebenso wie die Bodenart weitgehend verschieden ist, muß auch der Grad der Rückwirkungen bei Inanspruchnahme der Elastizität verschieden sein; es zerstört deshalb der Bodendruck ein und derselben Maschine hier weniger und dort mehr. Gleich muß jedoch die Art der Rückwirkungen (bei den verschiedenen Bewegungszuständen) sein.

Bei trockenem Bodenzustand übt die lediglich durch den Druck des Eigengewichtes auf den Boden einwirkende in völliger Ruhe befindliche Maschine — wie jeder andere Körper — keine großen, und zwar umso geringere nachteilige Folgen aus, je kleiner ihr Gewicht und je größer die Auflagefläche ist, auf die sich das Gewicht verteilt. Wenig schadet daher unter gleichen Verhältnissen die rollend bewegte Last, deren Gewicht auf jeden Punkt der Spur nur auf Augenblicksdauer drückt; in analoger Weise werden auch hier mit der Größe der Auflageflächen — den Radkränzen oder der Walzenbreite — die schädigenden Druckwirkungen gemindert. Dabei schadet infolge der mit dem Zug meist verbundenen Hubwirkung die gezogene Last gewöhnlich etwas weniger als die geschobene.

Der Gewichtsdruck der am Platz stehenden Maschine vermag sich etwas mehr fühlbar zu machen, wenn die Maschine als Standmotor — etwa zum Anrücken von Stammholz — in Tätigkeit tritt. Schwingungen des Motors pflanzen sich auf Rahmengestell und Räder fort und üben eine Rüttelwirkung auf die Bodenbestandteile aus, die in Zusammenwirkung mit dem ständigen Gewichtsdruck zu einer Pressung der lockeren Bodenschichten führen kann. Die Erschütterung ist aber gerade bei den primitiv konstruierten Motoren, wie sie der Forstbetrieb braucht, besonders stark. Immerhin hat die standmotorische der bewegungsmotorischen Verwendung voraus, daß der mechanische Schaden am Boden und Bestand auf kleinsten Raum beschränkt bleibt. — Empfindliche Schäden zeigen sich erst bei nassem Boden, weil dann die Krümelung viel leichter unter dem Druck zerstört wird und der breiig gewordene Humus keinen Halt mehr bietet. Das nötigt dazu, daß Arbeiten mit schweren Maschinen, insbesondere — aus nachfolgenden Gründen — schwere Zug- und Schlepparbeiten nur zu Zeiten abgetrockneten Bodenzustandes im Walde vorgenommen werden. Zum vertikalen Druck des Maschinengewichtes gesellt sich nämlich bei den Triebrädern die Bodenreibung der angetriebenen Radkränze, die ungemein zerstörend auf die oberste Bodenschicht wirkt, wenn die Räder mahlen; die Bodenteilchen erfahren dann unter Zusammenwirkung von Motorschwere und voller Motorkraft eine nach der Tiefe und Seite gehende Pressung. Das Mahlen pflegt namentlich bei nassem Boden einzutreten, wenn das Rad nicht genügend Angriffspunkte zur Vorwärtsbewegung der Maschine findet.

Kultur und Bestand setzen Raumformen und Wendigkeiten auf seiten der Maschinen voraus, die schon ganz mechanisch ihre Arbeitsmöglichkeiten einschränken. Wirkungen, die ihre Verwendbarkeit beeinträchtigen, werden noch unter den Nachteilen des Maschinengebrauchs zur Sprache gebracht werden.

Es ist eine Selbstverständlichkeit und ein Gebot des Begriffs Forstwirtschaft, daß man die Wahl der zu mechanisierenden Arbeiten und die Beschaffung der Maschinen den Forderungen der Rentabilität unterordnet; damit wird freilich der Kreis der praktisch maschinentauglichen Arbeiten abermals enger gezogen. Es ist denkbar, daß ein lokaler Holzpreis so gering ist, daß er weder Kultur- noch Werbungskosten zu tragen vermöchte; in solchen Fällen scheidet natürlich die Maschine von Anfang an aus, weil ihr Betrieb immer mit Opfern verbunden ist, und diese nur insoweit wirtschaftlich zu rechtfertigen sind, als sie mindestens die Kosten decken. Danach dürfen nur soviel Maschinen zur Verwendung gelangen, als Verzinsungs-, Amortisations- und Risikoprozente vom Holzpreis getragen werden können. Summarisch dürfen jedoch derartige Rechnungen nicht angestellt werden, weil sonst bei hohen Holzpreisen Gefahr gelaufen wird, daß auf Kosten gut rentierender Arbeitsteile schlechte — ohne als solche kenntlich zu werden — parasitieren. Jeder einzelne Arbeitsvorgang ist deshalb vor und nach seiner Mechanisierung selbständig auf seine Wirtschaftlichkeit zu prüfen und nur bei positivem Ergebnis der Maschine zu belassen. Erstmechanisierungen sind mit besonderer Vorsicht zu behandeln, weil sie mit ähnlichen Gefahren wie Versuche verknüpft sind und ihre Rentabilität durch das einzig greifbare Mittel papierener Voranschläge nur recht unklar vorbeleuchtet werden kann. Ein Weg zur Minderung der Gefahren ist, zunächst nur solche Arbeiten zu mechanisieren, die nach der Menge des Anfalls die meiste, und nach der Güte die rentierendste Arbeitsgelegenheit bieten; daraus müßte sich die höchste Verzinsung errechnen. Tatsächlich wird aber vorteilhafter sein, bei dem Arbeitsbedarf zu beginnen, der einerseits nach Lage der Dinge mit zum vordringlichsten gehört und andrerseits nicht die Verwendung von Spezialmaschinen erforderlich macht; die Rentabilitätsfrage löst sich am glücklichsten, wenn diesem Bedarf gleichzeitig die größte Massivität zukommt. Die Umgehung der Spezialmaschine hat nämlich neben vielen sonstigen den großen finanzpolitischen Vorteil, daß im Falle des Nichtentsprechens oder Entbehrlichwerdens die vielseitiger verwendbare Maschine rascher und mit geringeren Verlusten absetzbar ist. Begonnene Mechanisierungen wird man, soweit man mit anderen Erfordernissen nicht in Widerspruch gerät, möglichst mit solchen Arbeiten fortsetzen, die auf Grund zeitlicher Unabhängigkeit oder betriebswirtschaftlich passender Folge von derselben (schon vorhandenen) Maschine betrieben werden können.

Der aus Kalamitäten erwachsende Arbeitsbedarf wird immer maschinentauglich sein, weil Aufarbeitung und Abfuhr und ev. nachfolgende Bodenkultur so konzentriert anfallen, daß die Maschinen die beste technische sowie betriebs-

und finanzwirtschaftliche Grundlage für ihre Entfaltung finden. Daher dürfte bei Kalamitäten die Mechanisierungsfrage am leichtesten zu lösen sein.

Die forstlichen Arbeitsmaschinen:

Einfache und motorische Maschinen verhalten sich hinsichtlich ihrer Eignung zu forstlichen Arbeiten und der Anpassungsfähigkeit an den Forstbetrieb nicht gleich. In bezug auf die Anpassungsfähigkeit insofern, als motorische Maschinen im Gegensatz zu motorlosen viel größere Kapitalien investieren, intensivere Pflege und Wartung verlangen und hierzu sowie zum Betrieb technische Kenntnisse voraussetzen. In bezug auf die innere Eignung insofern, als der zu allen forstlichen Arbeiten erforderliche Zusammenhang von Arbeitssubjekt und Arbeitsobjekt bei den motorlosen inniger gewahrt wird, da diese nur bei direktem Zusammenhang mit einem Individuum in Tätigkeit zu treten vermögen; der Gebrauch solcher Maschinen zieht gewissermaßen ein Mittel zwischen Vor- und Nachteilen einseitiger rein individueller und rein maschineller Arbeit, weil zwar die Vorzüge der zwangsläufigen Sicherheit der Arbeitsweise, größere Exaktheit und auch Arbeitsfähigkeit ohne die üblichen Schattenseiten zu großer Starrheit geboten werden, andrerseits aber das Empfindungsvermögen und die Reaktionsfähigkeit des Arbeitssubjektes durch den zwischengeschalteten Mechanismus bedeutend gemindert wird. Direkte Einsparungen an Arbeitskraft können mit diesen Maschinen nicht erzielt werden, nachdem sie vollständig auf das angewiesen sind, was ihnen an Energien zugeführt wird; ein Teil des physischen Kraftaufwandes geht sogar an Reibungs- und sonstigen Widerständen des Mechanismus völlig nutzlos verloren. Ganz bedeutend sind dagegen die indirekten, die sich in praktischer Anwendung der goldenen Regel der Mechanik bei gleichem Kraftaufwand durch entsprechend verlängerte Arbeitswege (-dauer) durch Übersetzungen, Hebelübertragungen und Schraubenwirkungen erzielen lassen. Daß diese Maschinen gewöhnlich primitiv konstruiert und deshalb mit wenig Fehler- und Störungs- (und keinerlei Brand-) quellen belastet sind, und Handhabung und Wartung sich einfach und ohne besondere Vorkenntnisse bewerkstelligen lassen, ist im Hinblick auf die Abgelegenheit der Forstbetriebe nur vorteilhaft; zudem sind die Anschaffungskosten relativ gering und der Gebrauch nahezu gar nicht mit Betriebskosten verbunden. Die Bedeutung der nicht motorisch betriebenen Maschinen erstreckt sich nach drei Richtungen:

1. als zuverlässige Hilfsmittel bei Registrierungen;
2. zur Unterstützung der Handarbeit, besonders bei schablonenmäßig auszuführenden Arbeiten;
3. zur Befriedigung eines größere Kraftmengen erfordernden aber nur versprengt vorkommenden Arbeitsbedarfes.

Wenn man unter neuerlicher Bezugnahme auf die früher gebrauchte „Vierguppenteilung der Arbeiten“ von den drei maschinentauglichen Gruppen die erste den nicht-motorischen Maschinen zusprechen will und die beiden anderen

den motorischen, so entspricht diese Trennung nicht nur einer gewissen Notwendigkeit, weil das starr gekuppelte System von Motor und Arbeitsmaschine hier gänzlich verfehlt und dort Bedingung ist, sondern auch der billigen Ermessensgrenze, wo der finanzielle und sonstige Mühe- und Opferaufwand im einen und anderen Fall gerechtfertigt erscheint. Ein genauer Trennungsstrich läßt sich jedoch keineswegs ziehen, vielmehr bewegt sich die vertretbare Freiheit der Entscheidung darüber, ob motorisch oder nicht motorisch maschinell gearbeitet werden soll, in ziemlich weiten Grenzen, die einerseits durch die Intensität des Betriebs und seine finanzielle Leistungsfähigkeit finanzwirtschaftlich und andrerseits durch die Gebundenheit an technisch geschultes Personal, Reparaturwerkstätten usw. betriebswirtschaftlich gezogen werden.

a) Maschinen, die nur durch menschliche Arbeitskraft betätigt werden.

Über diese Gruppe wurde bereits im vorausgehenden gesprochen und hierbei als charakteristisch ihre Eignung zur Unterstützung bei Meß- und Zählarbeiten und des beschränkten physischen Arbeitsvermögens hervorgehoben. Es werden zum ersteren Zwecke Numerierschlegel mit halb- und ganzautomatischer fortlaufender Numerierung gefertigt und außerdem — meist in Verbindung mit Kluppen — ebenso arbeitende Stammzähl-, Durchmesser-(Kreisflächen-) und Holzart-registrierende Vorrichtungen. Die Durchmesserregistrierung hat noch keine befriedigende Lösung gefunden, wogegen die anderen bei dem hohen Stand der (deutschen und amerikanischen) Zählwerkindustrien in nicht mehr zu überbietender Vollkommenheit geboten werden. Ihre Verwendung bedeutet zweifellos einen Fortschritt.

Arbeiten im Pflanzgarten, besonders des Verschulens, werden durch die Pflanzenhebemaschine und die Hackersche Verschulmaschine gefördert und erleichtert. Die Wirkungsweise beruht im ersten Fall im Untergreifen eines Stück Beetes mittels rechenartigen Gerätes, welches durch Hebeldruck den aufliegenden Teil Boden mitsamt den Pflänzlingen hebt, die dann infolge des freiwilligen oder doch leicht zu erreichenden Zerfalles dem gehobenen Erdkörper leicht entnommen werden können. Die Verschulmaschine schlägt, indem sie in der Längsrichtung des Beetes über diesem fortbewegt wird, mittels Rechen von Beetbreite parallele Pflanzriesen nach der Quere und besorgt nach dem Einbringen der Pflanzen die Übererdung der Wurzelpartien. Das Einbringen selbst wird durch hierfür abgepaßte Latten, die in Einkerbungen von gleichem Abstand je einen Pflänzling aufnehmen, bedeutend erleichtert und gleichmäßiger gestaltet. Mit der Verschulmaschine kann auch die Lockerung der Beete als Arbeit für sich besorgt werden. — Für häufchen- und reihenweise Saat gibt es außerdem Drillmaschinen.

Größer ist die Anzahl der Maschinen, welche die menschliche Arbeitskraft übersetzen und dadurch noch zur Ausführung schwererer Arbeiten genügen

lassen. Maschinen zur Stock- und Wurzelrodung gibt es neben der gewöhnlichen Winde als dreifüßige Hebevorrichtungen mittels Schrauben- und Flaschenzug; nach dem gleichen Prinzip sind sich verlängernde Zahnstangen und kürzer werdende Seilzüge zum Umdrücken bezw. Umziehen von stockendem Holz konstruiert. Den durch Druck wirkenden Maschinen werden durch Stangenverstrebungen oder Hemmschuhe, welche zugleich den Dienst der Zahnstange leisten können, Stützpunkte gegeben, während die durch Zug arbeitenden gewöhnlich am Fußende von Bäumen, wo sie naturgemäß die geringste Hebelwirkung ausüben können, oder an Stöcken verankert werden; im Sinne dieser Konstruktionen arbeitet auch ein Stockholzzerreißgerät. Als Maschinen zum Rücken, Aufladen und Gantern werden Seiltrommelzüge mit Wechselgetriebe, Brems- und Sperrvorrichtungen, ebensolche und einfachere Krane in allen Ausführungen, teilweise mit direkter Befestigung am Stammholztransportwagen, gebaut. Als Hilfsgerät für Durchforstungsarbeiten ist eine Maschinenkonstruktion nach dem Prinzip der Schere erdacht, mittels welcher alle Stangenstärken umgeschnitten werden können.

b) Maschinen, die von Tier- oder selbständiger Motorkraft betätigt werden.

Bei einem Teil der Rode-, Fäll- und Rückmaschinen mittels Seilzugs für Handbetrieb ist schon in der Konstruktion die Verwendung tierischer oder motorischer Kraft mit vorgesehen, andere werden aber ausschließlich für Tier- oder Motorzug gebaut. Dimensionierungen und technische Ausstattung sind dann im Hinblick auf die höheren Anforderungen reicher gehalten, im übrigen aber die mechanischen Grundlagen dieselben wie vorhin. Am häufigsten ist die Spilltrommel vertreten, das Hauptorgan der meisten (gleichfalls hierhergehörigen) Drahtseilriesen. Diese Maschinen arbeiten stationär und erfordern auch einen stationären Motor. Dasselbe gilt von den Säge-, Spalt- und Hackmaschinen der Holzhofbetriebe und den „fliegenden" Sägen im Walde.

Einige Auswahl bieten die Kulturmaschinen, die über den Boden gezogen werden und nach der Form ihrer Auflageorgane auf den Boden einwirken. Pflug, Egge und Walze und die gebräuchlichen Kombinationen und Zwischenglieder werden wie in der Landwirtschaft verwendet; daneben sind aber noch andere konstruiert, die speziell den Verhältnissen der forstlichen Kulturfläche Rechnung tragen: scharf-greifende Reißwerkzeuge (Zähne, Messer, Stacheln), die auch verfilzte und verkarstete Böden noch angreifen können, meist langstielig und sperrig auf Walzen angebracht, damit sie über Stöcke, Wurzeln, große Steine und ähnliche Hindernisse, die landwirtschaftlicher Boden nicht kennt, wegsetzen können. Da ihre Wirksamkeit von der eigenen Schwere, die sie in den Boden drückt, stark abhängt, werden sie im Gewicht allen Böden und Verwendungszwecken angepaßt. Waldigel, Frischling, Keiler sind derartige Konstruktionen. Diese Maschinen und Geräte werden zur Arbeit gewöhnlich dem Motor oder

Tiergespann unmittelbar angehängt; die (beim Dampfpflügen) im Zweimaschinensystem gebräuchliche Arbeitsweise des wechselweisen Anwindens eines kippbaren Pfluges von zwei Maschinen aus findet trotz der geringeren Empfindlichkeit dieses Pfluges gegen Wurzeln und Gesträuch nur selten Anwendung.

c) Arbeitsmaschinen in starrer Verbindung mit dem Motor.

Wo es möglich ist, trennt man Motor und Arbeitsmaschine, weil der selbständige Motor mehr Zwecken dienstbar gemacht werden kann, Motor und Arbeitsmaschine je für sich leichter veräußerlich bleiben und bei Reparaturen des einen oder anderen nur immer ein Teil dem Arbeitsprozeß entzogen zu werden braucht. Auch der mögliche ökonomische Wertuntergang trifft nur kleinere Teile. Trotzdem ist die starre Kupplung noch zum Teil bei Motorpflügen und häufiger noch (wegen der für Räder- und Fräsenantrieb gebrauchten motorischen Kraft) bei Bodenfräsen in Anwendung. Das Arbeitsprinzip der letzteren beruht in der (raschen) Rotation einer mit schneidenden und reißenden Werkzeugen besetzten („Fräs"-)Trommel, welche den Boden in der gründlichsten Weise und deshalb besonders vorteilhaft bearbeitet, weil die natürliche Schichtenlagerung ziemlich beibehalten, d. h. nur gemengt wird; gefräster Boden ist sofort saatbereit. — Eine in Städten viel gebrauchte Kombination von Verbrennungsmotor mit Spaltbeil, Band- und Kreissäge zum Zerkleinern grobgescheiteten Brennholzes ist für den Forstbetrieb von untergeordneter Bedeutung, weil diese Arbeit nicht mehr zu den Obliegenheiten der forstlichen Holzlieferung gehört. Zu nennen sind einmal Motorspritzen, wie sie namentlich in Amerika zur Schädlingsbekämpfung verwendet werden, deren praktische Bedeutung aber nur gering ist; dann forstlich gebrauchte motorische Fahr- und Flugzeuge, welche aber im Grund genommen nur wieder ortsbeweglich und flugfähig gemachte Motore darstellen, was in analoger Weise auch für die Motorwalze gilt; und schließlich der häufig angewandte und sehr zweckmäßige Einbau von einrückbaren Seiltrommeln in Schlepper und dergleichen Arbeitsmaschinen. Speziell forstliche Maschinen mit der Besonderheit der dauernden Verbindung von Motor und Arbeitsmechanismus sind aber nur die motorischen Sägen, die in den heutigen Ausführungsformen entweder ein Sägeblatt — wie vom Handbetrieb her bekannt — seitlich hin und her bewegen, oder aber als Gliederkettensäge so eine Art Mittelding zwischen Band- und Kreissäge darstellen.

Umfangreicher als die vorhergehenden Gebiete ist das der

d) Motore.

Man unterscheidet Stand- und Bewegungsmotore; für die folgenden Erörterungen erscheint es zweckmäßig, als drittes den Bewegungsmotor mit zeitweilig stationärer Verwendung einzuschalten, der der Kürze wegen als „stationierender" Motor bezeichnet wird.

Für Standmotore bietet der Forstbetrieb wenig Raum. Die forstlichen Arbeiten pflegen sich auf das ganze Waldgebiet zu verteilen und sind innerhalb desselben teils durch ihre Natur selbst, teils durch notwendige Rücksichten — Schutz der Kulturen oder Umgehung von ortsfesten Hindernissen beim Rücken mittels Anwinden usw. — so streng örtlich gebunden, daß die Maschine zur Arbeitsleistung dauernd den Standort wechseln muß. Daher läßt sich der Bedarf an Standmotoren kurz fassen; er umfaßt die Antriebsmaschinen zu Drahtseilbahnen und sonstigen Schwebetransportanlagen, deren Verwendbarkeit aber immer noch großen Beschränkungen unterliegt, und ferner den Betrieb von Schneide- und Spaltanlagen, wie er bisweilen Holzhöfen angegliedert ist. Wegen des seltenen praktischen Vorkommens wird der Bedarf auch nicht wesentlich vergrößert, wenn Wald- und Feldbahnen zugezählt werden.

Als Standmotore kommen alle Motorarten und -gattungen zur Verwendung -- Dampfmaschinen, Elektro- und Verbrennungsmotore, an Wasserläufen das Wasserrad —, aber aus praktischen und finanzwirtschaftlichen Gründen werden der Auswahl im Einzelfall enge Grenzen gezogen. Elektromotore bieten ihren Dienst, wie erwähnt, in steter Betriebsbereitschaft und großer Zuverlässigkeit, arbeiten billig, reinlicher und geräuschloser wie alle anderen Motore und haben den besonderen Vorzug leichter Handhabung und Instandhaltung. Das Aber ihrer Verwendbarkeit liegt jedoch in der Gebundenheit an eine Stromquelle, die bei der üblichen Abgelegenheit der Drahtseilbahnbetriebe einerseits und der Kostspieligkeit der erforderlichen Stromleitungen andererseits in der Regel nicht mehr in Frage kommen wird. Erschwerend kommt noch hinzu, daß eine lange Leitung, besonders wenn sie durch Wald führt, wegen der geringen Sicherungsmöglichkeit gegen Beschädigungen von Wetter, Tieren und mutwilliger Hand immer ein großes Unsicherheitsmoment mit sich bringt. Erwähnenswert, aber von geringerer Bedeutung ist noch, daß der Elektromotor eben wegen seiner Abhängigkeit von der Stromquelle bei Verlegung der Anlage für den Betrieb wertlos werden kann. — Für den Betrieb von Drahtseilbahnen eignen sich Verbrennungsmotore oder im Gebirge besser noch Dampfmaschinen mit Holzfeuerung, weil diese einmal den teuren und mühevollen Transport von Brennmaterial für oben stationierte Motore ersparen, dann einfacher zu bedienen sind und neben manchen sonstigen Vorteilen geringere und weniger dem Diebstahl ausgesetzte Werte der Gefahr der Einsamkeit preisgeben. Holzfeuerung hat auch keine Rauchschäden im Gefolge. — Das Problem der Holzbeförderung mittels Drahtseilriesen und -bahnen (wobei die letzteren gewöhnlich in endlosen Schleifen und mit motorischem Antrieb laufen) liegt übrigens im Motor in verschwindend kleinem Maße gegenüber den technischen und wirtschaftlichen Fragen der Seilspannung und -führung in Brechpunkten, der Geschwindigkeitsregulierung und vor allem der einfachen Konstruktion zu leichtmöglicher Verlegung. Wirklich befrie-

digende Resultate wurden zu diesen außerordentlich wichtigen Fragen noch nicht gefunden.

Die Dampfmaschine, jedoch in der Spezialkonstruktion mit Sägemehlfeuerung, ist auch die Standardmaschine der Holzhofbetriebe, wenngleich hier die Sorgen um Motor, Strom und Heizmaterial bei den meist dauernden und in Bahn- und Stadtnähe befindlichen Anlagen so gut wie keine Rolle spielen; ihr Vorteil liegt vielmehr in der günstigen Verwertung des massenhaft anfallenden Sägemehls, das bei geringer wirtschaftlicher Transportfähigkeit außer als Heizmittel zunächst nur als (Stall-) Streusurrogat in der Landwirtschaft in Frage kommen kann; denn chemische Ausbeute zur Alkoholgewinnung und technische Verarbeitung zu synthetischem Holz — die einzigen industriellen Verwertungsmöglichkeiten — lassen sich unmöglich als Nebenbetriebsformen dem Holzhof angliedern. Wo aber infolge günstiger Lage zu derartigen Industrien oder aus anderen Gründen seine Verwertung keine Sorge macht, oder wo überhaupt kein Sägemehl anfällt — der Motor kann lediglich zum Anwinden von Wagen gebraucht werden — treten Dampfmaschine, Elektro- und Verbrennungsmotor mit gleichen Rechten in den Konkurrenzkampf. Die beiden letzteren verdienen sogar wegen des schon erwähnten unwirtschaftlichen Abbrandes in den Betriebspausen der Dampfmaschine gegenüber den Vorzug, wenn die motorische Kraft nur in Unterbrechungen gebraucht wird. Noch weniger verlustreich und namentlich weniger störend wie beim Verbrennungsmotor ist häufiger Gebrauchswechsel beim Elektromotor; daß Explosionsmotore außerdem durch ihre leicht entzündlichen Kraftstoffe gefährden, ist bekannt.

Lokomotiven des Waldbahnbetriebs werden als Dampf-, Elektro- und Benzinlokomotiven gebaut. Die elektrischen sind wegen des nicht zu erreichenden vollkommenen Leitungsschutzes, woraus gern Störungen entstehen, nicht empfehlenswert, zudem Anlage und Isolierung sehr kostspielig sind und die hochgespannten Ströme immer eine gewisse Gefahr für die Arbeiter und wegen der stärkeren Flammenwirkung bei Kurzschlüssen auch für das umliegende Areal bedeuten. Diese Umstände fallen um so mehr ins Gewicht, als der Waldbahnbetrieb, besonders der vorübergehende, niemals mit denselben Vorsichten arbeiten kann und wird, wie sie bei ständigen elektrischen Bahnkörpern üblich sind. Die andere Form der elektrischen Lokomotive aber, welche sich selbst aus eingebauten oder im Tender mitgeführten Akkumulatorenbatterien speist, kann infolge zahlreicher wirtschaftlicher und technischer Nachteile dieses Stromversorgungssystems im Arbeitsbetrieb nur unter vereinfachten und besonders günstigen Verhältnissen erfolgreich gegen die anderen Lokomotiven konkurrieren. — Bezüglich der Benzinlokomotive gelten zunächst die allgemeinen Licht- und Schattenseiten dieser Motorengattung überhaupt. Im komplizierten Mechanismus liegt schon von vornherein eine gewisse Störungsquelle, die Handhabung ist schwieriger als bei anderen Motoren und die Feuersgefahr keineswegs geringer; dafür ist sie andrerseits stets betriebsbereit, beweglich und flink, und

verbraucht im Gegensatz zur Dampfmaschine nicht mehr Heizstoffe als zum augenblicklichen Betrieb benötigt werden. Für Personentransport, rasche Hilfsexpeditionen bei Unglücksfällen, Brandkatastrophen usw., wie überhaupt für alle Fälle, in denen Inanspruchnahme und Ruhepausen stark wechseln und Betriebsbereitschaft und Schnelligkeit besonders erwünscht sind, verdient diese Maschine den Vorzug; vorteilhaft ist auch die große Reichweite und leichte Transportfähigkeit des Brennstoffes. Störend macht sich jedoch bald das relativ geringe Gewicht dieser Motorengattungen bemerkbar, wenn bei stärkerer Beanspruchung auf Zug infolge angehängter Lasten die Triebräder nicht mehr die nötige Schienenreibung finden und zu mahlen beginnen, und ein ganz anderes nachteiliges Moment erwächst der Benzinlokomotive, wenn sie bei Mangel an Einstellschuppen, bei Gleissperrungen oder aus betriebswirtschaftlichen Gründen unbewacht im Freien gelassen und den Launen von Wetter und Publikum preisgegeben werden muß; das gefährdet nämlich diese Maschine außerordentlich. Durch den natürlichen Feuchtigkeitsgehalt der Luft und besonders die Tauniederschläge an den Metallteilen oxydieren diese leicht, während Leder- und Gummidichtungen durch die trocknende Wirkung von Sonne und Wind brüchig werden; das Verharzen von Ölen und Fetten hat wegen der Feingliedrigkeit und entsprechenden Empfindlichkeit nachteiligere Wirkungen als bei der Dampfmaschine. Und was die Gefahr von seiten des Menschen betrifft, so liegt sie einmal in leicht abzumontierenden, hochwertigen und allgemein brauchbaren Teilen geringer Größe (Magnet, Zündkerzen, Gestänge usw.), welche gern zum Diebstahl reizen, dann darin, daß die verbreitete Kenntnis von den Verbrennungsmotoren zur unbefugten Inbetriebsetzung oder zu sonstigen Manipulationen lockt, und schließlich bietet auch die Mehrzahl der Schalt- und anderen Hebelgeräte zu mutwilliger Betätigung mehr Angriffspunkte. Falscher Hebelgebrauch äußert sich aber beim Verbrennungsmotor wieder viel störender als bei Dampfmaschine und Elektromotor in bezug auf den Organismus, weil er häufiger als dort auf Mechanismen einwirkt. — Diese Nachteile behaften die Dampflokomotive nur in viel geringerem Maße. Ihre Teile sind massig und schwer und übersteigen kaum den bloßen Metallwert des Eisens, und unbefugtes Hantieren an ihren Hebeln kann kaum zu Schädigungen führen. Schienenreibung und Verlässigkeit im Betrieb sind infolge des hohen Gewichtes und da es sich nur um die Abwicklung einfacher physikalischer Prozesse handelt, groß. Das erforderliche Vorheizen der Maschinen stört bei entsprechender Betriebseinteilung keineswegs, und das Hauptübel des Funkenwurfs läßt sich durch gebuchtete Kamine und eingebaute (wärmeleitende Kupfer-) Siebe weitgehend dämmen. Unter diesen Umständen und weil die Dampfmaschine eine mehrfache Lebensdauer des Verbrennungsmotors erreicht und bei weitem nicht mit den dort üblichen Reparaturen zu rechnen braucht, verdient sie unter normalen Verhältnissen den Vorzug. Die Verwendung von Holzfeuerung ist trotz der leichteren Beschaffung dieses Heizstoffes im Waldbahnbetrieb wegen der relativ

geringen Brennkraft und der großen Raumbeanspruchung nicht so zweckmäßig wie Kohlenfeuerung.

Reicher gegliedert als die vorhergehenden sind die für die forstlichen Zwecke belangvolleren Bewegungsmotore. Sie folgten als naheliegende Vereinigung von Kraftquelle und Wagen rasch der Erfindung des Motors und wurden fortschreitend für alle möglichen Zwecke des Transportes brauchbar gemacht. Nun ergab sich, daß die geringen Auflageflächen der üblichen Wagenräder teilweise schon durch die Gewichtserhöhung des Motors allein oder bei Hinzufügung der Nutzlast bisweilen auf Böden Drucke ausübten, denen diese nachgaben. Man ging deshalb in den Fällen, in denen die Bodenfestigkeit dem natürlichen oder durch Belastung sich ergebenden Gewicht des Motorfahrzeuges nicht mehr genügte, zur Vergrößerung der Auflageflächen der Fortbewegungsorgane über und erreichte dies einerseits durch größere Raddimensionierungen nach Durchmesser und Kranzbreite und außerdem mittels Raupen. Durch diese grundsätzlich unterschiedliche Konstruktion der bodenaufliegenden Bewegungsorgane bildete sich innerhalb der Gesamtheit der Bewegungsmotore eine fast natürliche, in die Augen springende Dreiteilung, die im normalen Kraftwagen, Räderschlepper und Raupenfahrzeug typisch gekennzeichnet ist.

Die Tatsache, daß neben dem gewöhnlichen motorisch betriebenen Wagen, der zwar den fortgeschrittenen Erkenntnissen in der Statik und Mechanik des Wagen- und Motorenbaues angepaßt, grundsätzlich aber nicht geändert wurde (nur im englischen Heer findet sich ein Lastwagentyp mit Raupenantrieb), die Trecker- und Raupenschlepperformen gesondert gebaut werden, erklärt schon, daß die Gruppe unserer normalen Kraftwagen nur für Straßen und normale Wegverhältnisse berechnet ist. Die ehemals allein herrschenden Dampfwagen wurden vom Benzin- und Elektrowagen bald verdrängt, weil sie wegen ihres enormen Raumbedarfes zu unförmig wurden, zu wenig Laderaum für Nutzlasten übrig ließen und infolge des Metallbaues so schwer waren, daß die Verwendung elastischer Radreifen und die Abfederung des Gewichts auf zu große Schwierigkeiten stieß. (Während das Gewicht pro PS bei Dampfmaschinen noch um die 50 pendelt, wird es bei Verbrennungsmotoren bis unter 1 kg reduziert.) Damit waren sie schon zum Langsamfahren verdammt, und da die zeitraubende und umständliche Arbeit des Anheizens die Verwendbarkeit weiter beeinträchtigte, und Funkenwurf, Wärme-, Ruß- und Rauchentwicklung auch das ihrige taten, sie unbeliebt zu machen, baut man sie heute nur noch in der Spezialform der Straßenwalzen und Schleppzugmaschinen für sehr gewichtige, langsamtransportable Straßenlasten. Forstlich wird sie bisweilen zu Wegebauarbeiten gebraucht.

Elektrofahrzeuge konstruiert man in Form von Lastwagen und -karren, Vorspannmaschinen, Personenwagen und Krafträdern, die aber sämtlich einen großen Teil der Forderungen des bewegungsmotorischen Allgemein- wie forstlichen Bedarfs dadurch unerfüllt lassen, daß sie sich hauptsächlich nur auf

festen Fahrbahnen bewegen und auch innerhalb solcher durch raschen Stromverbrauch, Abhängigkeit von Lade- oder Batteriewechselstellen und nur geringe erzielbare Leistungen zu kleinen Aktionsradien und flachem Gelände zwingen. Maßgebend für den Gebrauch bestimmter Nutzfahrzeuge ist aber schließlich stets ein bestimmter Verwendungszweck, und wenn dieser so geartet ist, daß die besagten Nachteile aufhören als solche empfunden zu werden, konkurriert das Elektrofahrzeug gegen andere Typen nicht nur finanziell durch die aus billigerem Anschaffungspreis, längerer Lebensdauer, kleineren Steuerabgaben, geringerer Reifenabnutzung u. a. m. sich ergebenden günstigeren Wirtschaftsziffern erfolgreich, sondern auch durch ganz bedeutende praktische Vorteile:

1. Handhabung und Bedienung sind so einfach, daß sie ohne Vorkenntnisse auch dem technisch Ungewandten und Unerfahrenen sofort gelingen.
2. Reinigung und Wartung gestalten sich infolge der einfachen Konstruktion und dem Wegfall von Ölung und Schutzmaßnahmen gegen Hitze und Kälte ziemlich einfach.
3. Zuverlässigkeit und Sicherheit sind dank der einfachen Arbeitsweise und der fehlenden Feuersgefahr sehr groß, Reparaturen äußerst selten.

Wenn man die grundlegenden Voraussetzungen für Elektrofahrzeuge in gleichbleibenden Leistungsforderungen und einem Wechsel von Ruhe und Beanspruchung derart, daß die Wiederauffüllung der Batterien nicht mit Betriebsbeeinträchtigungen verbunden ist, sieht, so bieten forstlicherseits solche Verhältnisse:

1. die Holzhöfe in Städten in der üblichen klafter- und sterweisen Brennholzlieferung an Kunden. In Betracht kommen Elektrokarren, die sich sowohl dem Pferdefuhrwerk durch größere Schnelligkeit als auch dem Benzinfahrzeug durch größere Verkehrselastizität im Stadtgewühl überlegen zeigen. (Die allenfalls höhere Geschwindigkeit der letzteren kommt bei den ortspolizeilich vorgeschriebenen Höchstgeschwindigkeiten nicht in Frage.)
2. die Flachlandsreviere mit Bedarf an Fahrgelegenheit für den Betriebsleiter, wobei allerdings gute bis an die Bestände reichende Fahrwege unerläßliche Bedingung sind und auf Fahrten auf bloßem Waldboden und dergleichen verzichtet werden muß. — Es darf wohl bei dem bekannten Aufgabenkreis des Forstwirtschafters und der gleichfalls bekannten Abgelegenheit der Forstbezirke unterlassen werden, auf das Vorteilhafte der selbständigen Fahrzeughaltung und namentlich die Schwierigkeiten, die sich der Lösung dieser Frage entgegenstellen, besonders hinzuweisen. In drei Kardinalpunkten zeigten die Elektromobile bereits wesentliche Vorzüge, und wenn man nun hinzunimmt, daß sie in moderner Ausführung nicht mehr schwerer sind als Benzinkraftwagen und (mit 35 bis 40 km Stundenhöchstgeschwindigkeit und 100 km Fahrstrecke) billigen Ansprüchen vollauf genügen können, daß ferner kein andres Verkehrsmittel so bescheiden in bezug auf Einstellräume ist, die zudem hier durch die weg-

fallende Brandgefahr keinen polizeilichen Vorschriften unterworfen sind, daß weiterhin das Elektrofahrzeug geräusch- und geruchlos arbeitet und für den Fall, daß es allein gelassen werden müßte, weniger diebstahlgefährdet und einfacher gegen unbefugten Gebrauch und Beschädigungen zu sichern ist, so ist eigentlich in ihnen dort, wo die Vorbedingungen gegeben sind, das geeignetste Beförderungsmittel für den technisch weniger interessierten Forstmann zu sehen.

(Die heute viel erörterte Frage der Automobilhaltung für den Wirtschafter und das damit zusammenhängende Selbstfahrerproblem wird in kommender Zeit auch für Staatsforstverwaltungen brennend werden. Fände sich nun im Elektromobil die fürs Flachland günstigste technische Lösung, so dürfte seine Wahl durch folgende Besonderheiten unterstützt werden: Dadurch, daß das Elektrofahrzeug nicht als Sportmaschine in Frage kommt, ist es viel weniger Neidobjekt, und nach seiner besonders in der Form der kleinen Selbstfahrautomobile sehr bescheidenen äußeren und inneren Ausstattung auch weit weniger mit dem Odium des Luxusfahrzeuges behaftet. Das Kapitel der „Privatfahrten“ erledigt sich in ziemlichem Umfang von selbst und jede Betriebsstoffvergeudung ist überhaupt so gut wie ausgeschlossen.)

Die Sorge um den Strombezug wird mit der sich gegenwärtig vollziehenden Entwicklung der Großkraftwasserwerke immer geringer werden; zwar schreitet damit die Verdrängung der Gleichstromnetze erst recht fort, aber wir wissen, daß die Umformung des Dreh- oder Wechselstroms in Gleichstrom kein Problem mehr ist. — Volkswirtschaftlich bedeutet die Verwendung elektrischer Kraft durch die Ersparnis höherwertiger (einheimischer oder einzuführender ausländischer) Kraftstoffe immer einen Nutzen, der in den vorliegenden Fällen umso größer ist, als die in die Nacht fallende Ladezeit Überschußstrom nutzbar macht. Der einzelne Betrieb zieht seinerseits gewöhnlich aus verbilligten Nachtstromtaxen Gewinn.

Überragend ist hingegen die Bedeutung der **Verbrennungskraftmaschine**, die infolge des verhältnismäßig leichten, enggedrängten Motors und dessen hoher Leistungsfähigkeit sehr beweglich und nicht nur jederzeit, sondern wegen der überall erhältlichen und leicht transportablen Brennstoffe auch jederorts verwendbar ist. Daher gibt es verbrennungsmotorische Lastkraftfahrzeuge, Personenwagen und -räder in allen Größen und Stärken und mit vielseitiger Brauchbarkeit auch für den forstlichen Betrieb. Für Bringung und Transport des Holzes auf Straßen und guten Wegen steht eine große Reihe brauchbarster Maschinen nach Bedarf mit Mehrbetonung der Schnelligkeit, der Kraft oder des Umwertungsvermögens von Schnelligkeit auf Zugkraft (durch Wechselgetriebe) zur Verfügung, teilweise sind forstliche Spezialfuhrwerke (Langholztransport) konstruiert. Kraftwagen mit Verbrennungsmotoren sind die Standardmaschinen für rasche Holzbeförderung auf Landstraßen. Personenwagen und -räder sind rasch und wendig, wie die Lastwagen für be-

sondere Verhältnisse leicht zu spezialisieren und dank großer Leistungsfähigkeit auch auf schlechten Straßen, Waldwegen und starken Steigungen zweifellos die technisch besten Beförderungsmittel im Wald; allerdings knüpft die verbrennungsmotorische Maschine an mannigfaltige und zahlreiche Voraussetzungen, die schwerlich von vorneherein gegeben und kaum so leicht zu erbringen sein werden und die deshalb ihren Wert als Selbstfahrerfahrzeug drücken. Vorteile des Motorrades gegenüber dem Kraftwagen sind geringerer Wert, relativ höhere Leistungsfähigkeit und Beweglichkeit bei Störungen, und schließlich auch — was aber anzustreiten ist — leichtere Handhabung.

Räder- und Raupenschlepper, die beiden anderen Untergruppen der Bewegungsmotore, zeigen sich zu den eben behandelten nicht nur durch das zum Ausdruck kommende Prinzip der größeren Bodenauflage, sondern auch durch die alleinige Betonung von Motor und Räderorganismus gegensätzlich. Laderaum fehlt, die Lasten werden nur noch geschleppt. Diese Eigentümlichkeit geht vielfach soweit, daß selbst der Führersitz auf allerprimitivste Formen beschränkt wird. Vorteile dieser Maschinen sind die vollkommene Selbständigkeit, die ziemlich geringen Bodendrucke der schleppenden wie der leerlaufenden Maschine und der höchst wirksame Schutz gegen Einsinken und Sicheinarbeiten in minder festen Grund. Das rückt die erlaubte Eigengewichtsgrenze dieser Bewegungsfahrzeuge wieder etwas nach oben, so daß in dieser Form auch Dampfmaschinenkonstruktionen zur Verwendung kommen können; deren Schwere wirkt sogar direkt vorteilhaft, wenn die nötige horizontale und vertikale Bodenreibung für die Räder und deren Greiforgane erst durch ein höheres Gewicht erreicht wird. Zugunsten der Dampfmaschine spricht noch manches, was über diese Maschinengattung bereits gesagt wurde, sodaß sie eigentlich zu einer brauchbaren Maschine für den Forstbetrieb werden könnte; andrerseits lassen die großen Nachteile und der Umstand, daß sie allgemein im Zurückgehen ist, wenig erhoffen. Als Räderschlepper hat sie wirklich anerkannte Bedeutung in der Spezialform der Walze, als Raupenschlepper wird sie bestenfalls versuchsweise gebaut. — Elektromotorische Fahrzeuge dieser Art gibt es mit Ausnahme von Stadt-Räderschleppern nicht; die breite Masse entfällt wieder, wie vorhin, auf die Verbrennungsmotore. Räderschlepper mit solchen Motoren gibt es in allen Stärken und Größen und wiederum allen Geländeformen und Grundverhältnissen angepaßt. In Städten sind die Räder gummibereift, während bei weniger guten Straßen- oder Fahrbahnverhältnissen die Radkränze aus Eisen und mit Erhöhungen oder Vertiefungen, meist Schrägrillen, versehen sind, welche die Bodenreibung erhöhen; letztere wird zum Befahren sehr lockerer oder weicher Böden — zum Ackern und dergleichen — durch Greifschaufeln besonders unterstützt. Forstlichen Räderschleppern wird häufig eine motorbetriebsfähige Drahtseilwinde eingebaut, die nicht nur zum Anwinden von Lasten (Rücken) Verwendung finden, sondern auch hängengebliebenen Maschinen die Möglichkeit geben soll, sich selbst durch Kürzerspillen des Seils, dessen Ende

zu diesem Zweck irgendwo fest verankert wird, wieder flott zu machen. — Greifvorrichtungen und Seiltrommeln pflegt man auch für verbrennungsmotorische Raupenschlepper vorzusehen, die in vielen Ausführungen, aber mit großer Übereinstimmung in den wesentlichen Teilen, gebaut werden. — Raupenschlepper sind theoretisch die glücklichste Lösung, praktisch aber nicht so vorteilhaft wie Räderschlepper, weil ihr geringerer Bodendruck und ihre größere Bodenreibung mit unverhältnismäßig größeren Opfern erkauft werden müssen und die tatsächlichen Vorteile bei weitem nicht so überragend sind, wie schlechthin erwartet wird. Einwandfrei zeigt sich zwar die größere Auflagefläche der Raupe beim Befahren und Arbeiten an Hängen wegen der erhöhten Adhäsionswirkung überlegen, aber was schon die Grenzfälle der Verwendbarkeit auf weichen und lockeren (nicht gewachsenen) Böden angeht, so sind teils infolge geringer Oberflächenspannung des Bodens, teils weil die Auflagefläche überhaupt vermindert wird, wenn bei sehr starker Beanspruchung auf Zug die vorn getriebene Raupe den Schlepper rückwärts hebt, die Unterschiede zwischen Rad- und Raupenschleppermöglichkeit nicht mehr allzu groß, und schließlich eröffnet sich häufig noch dort, wo wirklich nur noch die Raupe vom Boden getragen wird, ein Ausweg in organisatorisch vielleicht etwas schwierigeren Arbeitssystemen (wie etwa dem des Kippfluges); der Ersatz eines Raupen- durch zwei Räderschlepper dürfte übrigens unter solchen Verhältnissen schon durch die Gefahr gerechtfertigt sein, daß die einzelne Maschine bei Betriebsstörungen völlig hilflos werden kann. Die Fähigkeit des Überwindens schlechter Stellen in der Fahrbahn ist kein so unbedingter Vorteil des Raupenschleppers, weil der vorderrad- oder besser noch der vierradgetriebene Räderschlepper nicht viel geringere Wirkungsgrade erzielt, und bezüglich der gern betonten und tatsächlich auch unüberbietbaren Wendigkeit der Raupenschlepper ist darauf hinzuweisen, daß sie einmal nur für die leerfahrende Maschine verwertet werden kann, und daß ferner die geringere, aber auch innerhalb engster Grenzen (unter 7 m Breite) liegende Drehung der Radschlepper im Gegensatz zu den ersteren in mechanisch und bodenpfleglich einwandfreier Weise vor sich geht. Unebenheiten im Gelände paßt sich das bewegliche, ausbalanzierte Vierradaggregat der Räderschlepper wesentlich leichter an, das insbesondere auch vermöge der meist nach allen Richtungen schwenkbar gehaltenen Vorderradachse fast auf jeder Bodenfläche zwar nicht tatsächlich, aber der Wirkung nach eine vollkommene Dreipunktlagerung und damit das stabile Gleichgewicht erreicht. Die Lenkung der Raupenschlepper ist (in den einseitigen Differentialbremsungen) höchst unvollkommen und überhaupt nicht exakt zu betätigen, der Kraftverlust infolge der kolossalen inneren Reibungen des Raupenorganismus und der Bodenreibungen bei Wendungen enorm. Die Raupen sind nicht gegen Schmutz zu sichern, und nachdem jede körnige Verunreinigung, besonders unter Hinzutritt von Wasser, wie Schmirgel wirkt, ist der Verschleiß des Bewegungsorganismus außerordentlich groß. Da ferner ihre Verwendung schon auf Landstraßen infolge unbeholfener Schwerfälligkeit,

dem Unvermögen Leerläufe auszunutzen, und (allerdings bestrittener) schädigender Wirkungen auf die Steindecke — durchwegs Nachteile, die den Radschleppern nicht anhaften — unwirtschaftlich ist, kann man ihnen keine allgemeine forstliche Bedeutung zusprechen. Im besonderen kommt noch hinzu, daß gerade auf losen Sandböden, die nach physikalischer Bodenbeschaffenheit und Kulturart mit in erster Linie sich Raupenschleppern geeignet zeigen möchten, die zerstörende Wirkung des in den Trieborganismus gelangenden Sandes naturgemäß am stärksten ist. (In diesem Zusammenhang ist die zu beobachtende bevorzugte Verwendung von Radschleppern in Moorwirtschaftsbetrieben umso bemerkenswerter, als dort nach der Gleichartigkeit und geringen Tragfähigkeit der Bodendecke, deren Bestandteile zudem den Räderorganismus wenig angreifen können, nahezu ein Optimum für Raupenschlepper vermutet werden möchte.)

Kürzer läßt sich das Gebiet der stationierenden Motore des Forstbetriebs fassen. Die Säge- und Spaltmaschine, deren Motor auf dem Weg zur und von der Arbeitsstätte als Bewegungsmotor und am Platz als Standmotor fungiert, findet — wie schon erwähnt — im Rahmen der eigentlichen Forstwirtschaft kaum mehr Verwendung. Das gleiche gilt aus anderen Gründen von den Spritzautomobilen zur (Feuer- und) Insektenbekämpfung, deren Motore auf den Betrieb eingebauter Pumpen umgeschaltet werden können, u. a. m. — Forstlich umso bedeutsamer sind hingegen die ebenfalls bereits erwähnten motorischen Sägen, deren raschfolgender Platzwechsel im Handtransport vollzogen wird. Ob eine der existierenden und zum Teil schon wieder historisch gewordenen Formen das Doppelproblem der Handlichkeit und der rationellen Arbeitsweise restlos gelöst hat, dürfte kaum zu bejahen sein; die Schwierigkeiten sind auch zu groß. Der explosionsmotorische Antrieb eignet sich deshalb nicht recht, weil diese Motorenart die bedeutenden Beschränkungen in Dimensionierung und Ausstattung nur schlecht verträgt und den auferlegten Zwang durch entsprechend verminderte Betriebssicherheit und Lebensdauer rächt, und weil die jedes Arbeiten erst ermöglichende Verankerung des Motors im System der Arbeit 1. in der meist angewandten Form derart, daß man dem Motor jeweils feste Bodenaufstellung gibt, sowohl bei knappem Zusammenschluß von Motor und Säge durch Wurzelanläufe u. a. m., und bei der geräumigeren kardanen Verbindung durch andere Nachteile, die nicht zuletzt wieder in diesem Übertragungsorgan selbst liegen, reichlich Schwierigkeiten macht, und 2. bei starrer Kuppelung mit der Säge (wie bei „Rinco“) dadurch unvollkommen wird, daß diese Motorenart nicht (ohne weiteres) in jeder Stellung zu gebrauchen ist. Es werden somit Angriffsmöglichkeiten am durchzusägenden Objekt vorausgesetzt, wie sie gerade dort, wo die Arbeit der motorischen Säge nur nützen und keinem schaden würde, im Drunter und Drüber großer Windwürfe und dergleichen, die erstgenannte Form (auch in elektrischer Ausführung) nur selten und die zweite nicht immer finden wird. — Was sonst noch an stationierenden Maschinen vorhanden ist, erschöpft sich in den beschriebenen Bewegungs-

motoren mit einrückbaren Seilwinden, Riemenscheiben (zum Betrieb von Steinbrechern usw.) u. a. m. Der Zusammenhang mit dem Motor wird gewöhnlich durch Zahnradschaltungen und die jedem verbrennungsmotorischen Fahrzeug eingebaute Kupplung bewirkt. Die Motore selbst sind durchwegs Verbrennungsmotore.

2. Vor- und Nachteile des Maschinenbetriebes.

In früherer Besprechung wurde schon die sich in stetig gleichen Takten vollziehende Arbeitsweise angeführt und als Zweck der Maschine die qualitative und quantitative Unterstützung oder der Ersatz der menschlichen oder tierischen Arbeitsleistung bezeichnet, ferner ihr bedingtes Einflußvermögen auf die Faktoren der forstlichen Produktion gestreift und insbesondere die sich aus der einseitigen Arbeitsweise ergebende unterschiedliche Brauchbarkeit zur Arbeitsverrichtung dargetan. Danach, wie es nun gelingt, die gegebenen Verhältnisse mit den Forderungen der Maschine in Einklang zu bringen, richtet sich Größe und Zahl der Vor- und Nachteile für den Maschinenbesitzer.

Der Wald selbst wird von der Tatsache des forstlichen Maschinenbetriebs weder zu seinem Gunsten noch zu seinem Schaden sonderlich berührt. Die Arbeiten des Pflügens, der Rohhumuszerstörung und sonstiger Bodenverbesserungen werden billiger und wegen der größeren Unabhängigkeit von Arbeitskräften und der Ergiebigkeit der Maschinenarbeit auch mit den Forderungen der Jahreszeit leichter vereinbar, so daß der Maschinenbetrieb auch für den Wald direkt vorteilhaft werden kann, wenn Art und Intensität der Bodenbehandlung richtig getroffen sind. Als nachteilig ist dagegen zu vermerken, daß die Krümelstruktur unter dem Druck der Räder allein schon und namentlich unter den horizontal und vertikal wirkenden Druckkräften der ziehenden Räder leidet und vollständig zerstört werden kann. Das Gewicht der ortsbeweglichen Maschine kann nicht unter gewisse Grenzen verringert werden und die hinzutretende, allen Maschinen eigene starre Raumbeanspruchung, welche wieder die Bewegungen schwerfällig und schlechtwendig macht, veranlassen häufig Jungwuchs- und Wurzelbeschädigungen. Gegen solche schützt auch der geringe Bodendruck der Raupenfahrzeuge nicht, weil die hierbei angenommene vollkommen ebene Auflage häufig durch Unebenheiten unzutreffend wird, denen sich die Raupen nicht genügend anzupassen vermögen und die dann von einem unverhältnismäßig höheren Teilgewicht des Fahrzeuges getroffen werden; selbst unter der Annahme äußerst anpassungsfähiger Ketten trifft doch der Raupenschlepper beim Angehen kleiner Erhebungen diese im Moment des Steigens in gleicher Weise wie der Radschlepper. — Dampfmaschinen mit Steinkohlenfeuerung — Holzfeuerung kennt diesen Nachteil nicht — können im anhaltend standmotorischen Betrieb die bekannten Rauchschäden (Vergiftung durch schweflige Säure) verursachen, während Verbrennungsmaschinen bei ebensolcher Verwendung durch den Auspuff überhitzter Gase das pflanzliche Eiweiß zum Gerinnen bringen und dadurch die

Nadeln der nächstliegenden Äste abtöten; letzteres wird durch den hohen Druck, unter dem die Auspuffgase bei den meisten Arbeitsmaschinen ins Freie gelangen, verstärkt, weil sie sich weniger rasch verteilen können. Bei der in Fahrt befindlichen Maschine zeigen sich aber diese Schäden nur in viel geringerem Maße, weil die Wirkung auf den einzelnen Baum nicht anhält. Da übrigens nur die Blattorgane empfindlich getroffen werden, macht sich der Schaden nur an belaubten Bäumen bemerkbar und hört auch dort auf wirksam zu sein, wenn er knapp vor der Entlaubung eintritt; ständig werden natürlich die immergrünen Holzarten getroffen. — Einen anderen Nachteil erfährt der Wald durch die Brandgefahr des Funkenwurfs, die aber wie die meisten dieser Nachteile zu dämmen ist. Dem Funkenflug und der schädlichen Wirkung der Auspuffgase kann durch konstruktive Maßnahmen gesteuert und die Zerstörung der Krümelung weitgehend vermieden werden, wenn der Boden nur in trockenem Zustand befahren wird. Pflugsohlebildung, wie sie sich nach häufigem Beackern einzustellen und bei Fichte in höherem Alter Veranlassung zur Rotfäule zu werden pflegt, ist kein Nachteil des Maschinenbetriebs, sondern erst schädigender Kulturmethoden, und manches andere ist in seiner Wirkung noch nicht geklärt. Das Auftreten von Anflug entlang von Wagenspuren im Rohhumus zeigt doch günstige Wirkungen, die kaum bedacht und weniger noch beabsichtigt waren.

Es ist klar, daß die Maschine in der Forstwirtschaft bei deren geringer Eignung für maschinelle Behandlung nicht in gleicher Weise (finanziell) werben kann wie in Produktionen, die ihr die Bedingungen für freieste und vollkommenste Entwicklung bieten. Zunächst stellt die Beschaffung großer Antriebs- und Arbeitsmaschinen eine beträchtliche Investition an relativ lange Zeit gebundenem (stehenden) Kapital dar, zu dessen Verzinsung jedoch erhöhte Amortisations- und Risikoprämien in Ansatz gebracht werden müssen; denn die die Regel bildende bewegungsmotorische Arbeit im Freien ist unter der Besonderheit der forstlichen Verhältnisse mit soviel Ungunst verbunden, daß das Normale an Lebensdauer und Gefahrenmomenten nicht mehr maßgebend sein kann. Ob aber diese Belastungen bei der jeweilig kurzen Betriebsdauer der meisten forstlichen Arbeiten nicht zu hoch werden, erscheint recht fraglich. Damit sei jedoch nur zum Ausdruck gebracht, daß mit dem Begriff „Mechanisierung" allein die meist — wenn man die Absatzfähigkeit des Gutes als gegeben annimmt — berechtigte Verknüpfung mit finanziellen Vorteilen nicht zulässig ist. Dem widerspricht die Annahme nicht, daß die Maschine das wirksamste Mittel zur Erhöhung der forstlichen Rente ist, wenn die wirtschaftlichen Voraussetzungen für ihre Verwendung gegeben sind und zu ihrer Wahl und ihrem Betrieb die nötigen Vorsichten gebraucht werden.

Bezüglich ihres Wertes für den forstlichen Betrieb gilt zunächst, daß bei ausreichenden Arbeitskräften und gesundem Wald- und Bodenzustand nichts zu erkennen ist, was die Maschine besser gestalten könnte. Keine der heutigen

Maschinen verbürgt schon durch ihre bloße Existenz einen allgemeinen forstlichen Vorteil, sondern jede, auch die denkbar universalste, ist zunächst nur insoweit für den Forstbetrieb notwendig und nützlich, als sie einen Mangel im Arbeitssoll und -haben auszufüllen vermag. Derartige Unstimmigkeiten sind allerdings nicht nur gegeben, wenn zur Aufarbeitung von Massenanfällen bei Kalamitäten, großen Schlagräumungen, Neu- und Wiederaufforstungen ein unvorhergesehener Augenblicksbedarf an die Herbeischaffung von Arbeitskräften unerfüllbare Forderungen stellt, oder wenn zu Kriegszeiten Mann und Pferd der heimatlichen Arbeit entzogen sind, sondern häufig genug schon durch die Gebundenheit mancher forstlicher Arbeiten an festbestimmte kurzfristige Zeiträume. Dies besonders, wenn der einzelne in der Nähe der Großstädte die Möglichkeit lukrativerer Verwertung seiner Arbeitskraft findet oder die Landstriche so abgelegen sind, daß die natürliche Bevölkerungsdichte schon von vornherein nicht zur Deckung des Arbeitsbedarfes ausreicht. In den Fällen anderweitig nicht zu befriedigenden Arbeitsbedarfes liegt dann die einzige Lösung zur Aufrechterhaltung des Betriebes in der Maschine, welch letztere aber auch vorteilhaft sein kann, wenn solche Sorgen nicht im Vordergrund stehen. Der stetige Arbeitszug bei der bewegungs- wie standmotorischen Verwendung zwingt zu fortwährender, künstlich steigerungsfähiger Mitarbeit, die Einzelleistung wird durch die stärkere Arbeitskonzentration leichter isoliert und stärker betont, und außerdem kommen — wie etwa beim länger währenden Beladen eines starken Kraftwagens im Vergleich zum leichten Bauernfuhrwerk — mehr Arbeitsunterbrechungen durch Leerläufe in Wegfall. Dank ihrer viel ergiebigeren Arbeit kann sie den Augenblicksvorteil einer Temperatur oder einer Zeit in bodenpfleglicher wie kaufmännischer Hinsicht ganz anders gebrauchen und die Verschleppung von dringenden Arbeiten, denen erst andere vorangegangen sein müssen (wie etwa der Kultur die Schlagräumung), hintanhalten. Rechtzeitig ausgefahrenes Holz entgeht auch den Qualitätsminderungen, die es durch längeres Liegenlassen im Walde erleiden müßte. Dadurch aber, daß die maschinelle Arbeitskraft in jederzeit verfügbarer Form, in jedem Quantum und zumeist billiger als menschliche und tierische geboten wird, lassen sich wiederum die Grenzen der Forstwirtschaft überhaupt weiterrücken, besonders durch die neuen Möglichkeiten des Transportes. Nutzholz kann infolge der größeren Zugkraft der Motore in größeren Ausmaßen und Brennholz wegen der höheren finanziellen Leistungsfähigkeit in weiterem Umfang genutzt und gebracht werden. Die Leitung des Betriebes vermag durch Benützung von Auto und Kraftrad von der gleichen Hand aus wesentlich intensiver geführt bezw. die Wirtschaftsfläche größer genommen zu werden, und die Verwendung von Flugzeugen (Luftschiffen, Ballonen) gibt ein in ähnlicher Weise gar nicht zu erreichendes forsttechnisches Hilfsmittel zu taxatorischen Vorarbeiten, Bestandsdokumentierungen, Arbeiten der Forsteinrichtung und Kartierung, sowie zu Inspektionen und Einwirkungen zum Zwecke der Waldpflege und des Waldschutzes von oben herab.

Dabei sind die Vorteile, die so die Maschine bringt, nicht so sehr betriebswirtschaftlich allein, als vielmehr betriebs- und finanzwirtschaftlich zugleich. Das gilt besonders auch von der mittelbaren Wirkung, die darin beruht, daß das zu einseitiger Lohndiktierung gern benutzte Arbeitsmonopol ansässiger Fuhrwerksbesitzer und Arbeiter gebrochen und die Lohnbestimmung wieder zum guten Teil in die Hand des Wirtschaftsführers gegeben wird, und daß die mit großen Gefahren verbundene Heranziehung Nichtbodenständiger zu Saisonarbeiten umgangen werden kann. — Ein besonderer Vorzug des stationären Dampfmaschinenbetriebes ist, daß die Feuerung mit minderwertigem Holz und Sägemehl Drahtseilbahnen und Holzhöfen fast kostenlose Arbeitsenergie liefert. — Die Qualität der forstlichen Produktionsgüter, des Holzes vor allem, kann durch die Maschine nicht verbessert und die Produktion nur indirekt insofern gehoben werden, als durch beschleunigte Schlagräumung, Bodenbearbeitung und maschinelle Bekämpfung von Waldschädlingen usw. die Produktionsbereitschaft in kürzerer Zeit als sonst möglich wieder hergestellt, bezw. durch Meliorationen wirksamer gestaltet wird; das findet jedoch bald seine Grenzen. Gewonnen wird lediglich durch das größere Nutzungsvermögen in der beschriebenen Art und schließlich noch dadurch, daß der umgewundene Stamm einen etwas längeren Nutzholzschaft auszuhalten erlaubt wie der umgesägte. Die Hebung der Qualität der Arbeitsleistungen gegenüber schon geübten oder doch möglichen Methoden der Handarbeit ohne und mit Geräten und der Tierverwendung kann weder Aufgabe noch Folge der Maschine im Forstbetriebe sein, nachdem zu beiden die Voraussetzungen fehlen. Sowohl die Nutzung des Rohstoffes Holz als auch die boden- und bestandespfleglichen, die Pflanzgarten- und sonstigen Arbeiten verlangen weder ihrem Wesen nach peinliche Normierung, noch würde sich bei ihnen die Anwendung der egalisierenden Maschinenmethoden — wenn überhaupt bemerkbar — bezahlt machen, und schließlich schlägt bei vielen Arbeiten mit und an Naturobjekten die anderwärts vorteilhafte Wirkung der Maschine gerade ins Gegenteil um. Bei Arbeiten, die individuelle Behandlung erfordern, muß sie Nachteile im Gefolge haben. Zu den schon erwähnten ungünstigen Wirkungen von Gewicht und Raumbedarf der Fahrzeugmaschine, daß Jungwüchse und Wurzeln leicht Schaden nehmen, tritt als betriebswirtschaftlich bedeutsamer hinzu, daß sie wegen fehlender seitlicher und nur mäßig vorhandener Anpassungsfähigkeit an Hindernisse in der Fahrbahn im Bestand nur sehr bedingt und auf freier Fläche nicht überall Verwendung finden kann. In solcher Hinsicht bleibt der beste Motor hinter dem Pferd zurück, das sich noch durch den andern Vorzug unterscheidet, daß es im Falle augenblicklichen Bedarfs seine Leistungsfähigkeit bis zum Zehnfachen steigern kann. Mit besonderer Vorsicht ist die Fahrzeugmaschine auf Schnee zu gebrauchen; die Gefahr des Einsinkens ist bei der geringen Festigkeit des Schnees naturgemäß sehr groß und wird erhöht durch die Wärme, die jeder Druck erzeugt, und die Wärmeabgabe heißer dampf- und verbrennungsmotorischer Maschinen; dazu kommt noch, daß die eingesunkene

Maschine mangels fester Stützpunkte viel schwerer wieder frei gemacht werden kann. Aus teilweise gleichen, dann aber auch aus bodenpfleglichen Gründen und weil die Adhäsion des feuchten Erdreichs hohe Kräfteverluste bewirkt, muß die Maschinenverwendung auf regenfreie Tage beschränkt werden; besonders die Holztransporte sind auf den meist grundlosen Wegen ohne Gefährdung der Transportsicherheit und schwerer Schädigung der Fahrbahn nur bei völlig abgetrocknetem oder gefrorenem Boden durchführbar. Nachteilig ist für den Betrieb weiter die mit Dampf- und Verbrennungsmotoren und deren Heizstoffen, namentlich den leichtentzündlichen Kohlewasserstoffen, verknüpfte Brandgefahr (besonders auf Sandböden und bei dürren und brandgefährdeten Holzarten), dann die Gebundenheit an Garagen und Reparaturwerkstätten und technisch geschultes Personal. Mit den aus Städten und Werkstätten kommenden Chauffeuren wird weiterhin leicht soziale Unzufriedenheit und Fabrikgeist in den Wald eingeschleppt und die bodenständige Arbeiterschaft angesteckt.

Mit letzterwähntem gehen die privat-betriebswirtschaftlichen Auswirkungen der Maschine in die volkswirtschaftlichen über. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß mit der Maschine auch ein Stück ungesunden Fortschritts in den Wald getragen und der dortigen Bevölkerung ein Stück Heimat genommen wird. Die berührte „aufklärende" Tätigkeit einiger mitgekommener Großstadtelemente, Angst vor Brotverlust und die Beeinträchtigung, wenn nicht Zerstörung der mannigfachen Formen der geselligen Arbeit, die doch in der Hauptsache neben dem häufig zutreffenden Moment eigenen Kleinbesitzes den Grund der ländlichen Zufriedenheit bildet, schaffen eine ideelle Not, zu der die reale hinzutritt, wenn durch Mechanisierung des Regiezuges und sonstigen Holztransportes, des forstamtlichen Personalverkehrs, der Fällung, Rodung, Bodenbearbeitung usw., Mengen von Arbeitsgelegenheiten verloren werden. Diese Wirkungen sind volkswirtschaftlich besonders schlimm, wenn die betroffenen Ortsstriche aus Kleingrundbesitzenden bestehen, denen der Erwerb im forstlichen Dienst die einzige nötige Ergänzung des Lebensunterhaltes bot. Es darf jedoch nicht verkannt werden, daß im vorliegenden Falle eine radikale Mechanisierung in einer ausgesprochenen Waldgegend angenommen ist, unter Verhältnissen, die die privatwirtschaftlichen Interessen der Waldwirtschafter in schroffem Gegensatz zu den volkswirtschaftlichen stehend erscheinen lassen. Dieser Widerspruch findet dadurch eine Abschwächung, daß ein Teil der Arbeiter zur Motoren- und Gerätemaschinenreinigung, zur nötig werdenden intensiveren Wegunterhaltung und durch Erwerb von Motorenkenntnis u. a. m. wieder Arbeit finden kann, und daß ferner überhaupt kaum Mechanisierungen in solchem Ausmaße von heute auf morgen vollzogen werden dürften. Es decken sich sogar privat- und volkswirtschaftliche Interessen, wenn die Maschine empfindliche Mängel an Arbeitskräften ausfüllt oder die Holzausbeute höherprozentiger gestaltet oder neue Gebiete der Holznutzung zugänglich macht; im vorletzten Fall ist nicht anzunehmen, daß sich der Bedarf an Arbeitern verringert, während der letzte überhaupt ganz

neue Arbeitsgelegenheiten eröffnet. Und schließlich ist noch daran zu denken, daß forstliche Arbeitsmaschinen ihrem Besitzer und einer armen Bevölkerung dienen können, wenn sie während der forstlich arbeitsruhigen Zeit miet- und leihweise in der Landwirtschaft Pflüge und Wagen ziehen und Dreschmaschinen antreiben. Bei ungewollten Massenanfällen verbürgt nichts so sehr wie die Maschine durch rechtzeitige Aufarbeitung und Bringung den Schutz vor technischem Untergang und Insektengefahren, und in Zeiten freiwillig friedlicher oder im Wirtschaftskrieg aufgezwungener Autarkiebestrebungen mag sie der Forstwirtschaft das wirksamste Mittel zur Erfüllung ihrer Pflichten sein.

Der Begriff der Auswirkungen forstlicher Mechanisierungen läßt sich schon deshalb nicht einheitlich fassen, weil schon der Begriff der forstlichen Mechanisierung kein einheitlicher ist. Es gibt nur forstliche Maschinenverwendungen, die an beliebig vielen Stellen und in weit denkbaren Intensitätsgraden betrieben werden können, und deren jeder ganz bestimmte Vor- und Nachteile entsprechen. Die Scheidung danach, ob die Maschine Arbeiter verdrängt, oder ob sie auf anders nicht mögliche Weise das Ergebnis der Produktion erhöht, ließ bereits zwei volkswirtschaftlich geradezu entgegengesetzte Auswirkungen erkennen. Letztere können nun infolge der Freiheit, die der Wirtschafter in der Mechanisierungsfrage genießt, von vornherein angestrebt bezw. fast unbegrenzt korrigiert werden. Privatwirtschaftlich ist die rentierende Mechanisierung gelungen, ein Standpunkt, der für das staatliche Unternehmen nicht minder berechtigt und notwendig erachtet, und unter der Einschränkung auch nie bestritten werden wird, daß die Gütergewinnung allein noch nicht Selbstzweck, sondern nur Mittel des übergeordneten Zieles der Erhaltung und Förderung der Nation sein kann. Demnach ist die Mechanisierung im Grundsinn der Umstellung von Hand- auf Maschinenbetrieb in Ländern mit Überangebot an inländischen Arbeitskräften nicht am Platz, vielmehr die Maschinenverwendung dort nur insoweit vertretbar, als sie als neues Mittel auf neuen Wegen die Wirtschaft bessert und erweitert. Deshalb ist die Mechanisierung von Staatsforstverwaltungen nur dann als vorteilhaft anzusehen, wenn sie den volks- und finanzwirtschaftlichen Doppelforderungen genügt.

3. Eingliederung der Maschine in den Forstbetrieb (Organisationsfrage).

Im isolierten Forstwirtschaftsbetrieb steht die Maschine zur Größe des Betriebs in einem direkten Abhängigkeitsverhältnis, welches in der Verschiedenartigkeit der forstlichen Arbeiten einerseits und der zeitlichen Ordnung derselben andrerseits begründet ist. Beides letztere ist aber durch Naturtatsachen bestimmt und ganz unabhängig vom Umfang oder der Intensität für alle Forstwirtschaften gleich, weshalb auch die Zeiten, während der hier oder dort eine Spezialmaschine zu arbeiten beginnen kann oder aufzuhören hat, gleich sein müssen. Dadurch erreicht die forstliche Spezialmaschine erst bei einer ganz

bestimmten Flächengröße bezw. Betriebsintensität Berechtigung, wenn diese nämlich so groß ist, daß sie während der „Saison" ihrer Arbeit die Jahreslast an Kosten, Zinsen und sonstigen Quoten wett machen kann. Findet sie über dieses Ziel hinaus noch Beschäftigung, so wirft sie eine Rente ab; bleibt sie darunter, so hat sie ihre Berechtigung verloren. Soll nun trotzdem diese Arbeit maschinenmäßig ausgeführt werden, so kann dies wirtschaftlich nur durch die Wahl einer anderen Maschine geschehen, die gleichzeitig die Tauglichkeit zu einer zweiten Arbeit besitzt, und wenn dies auch noch nicht genügt, zu einer dritten usw. So wächst mit den enger werdenden Grenzen der Zwang von der Spezialmaschine abzurücken, während ihr Betrieb andrerseits selbst unter größten Verhältnissen wegen der Gebundenheit an ihre Jahreszeit teuer bleiben muß.

Aus diesen Gründen und dem allgemeinen Leitsatz der Wirtschaftlichkeit heraus, zur Erreichung des Vorteilhaften mit dem geringstmöglichen Aufwand — hier an Kapital — zu gelangen, ist die Wahl der aufzunehmenden Maschinen mit Umsicht zu treffen. Gänzlich verfehlt wäre es allerdings Einsparungen an der Qualität machen zu wollen, weil der momentane Vorteil mit höheren Betriebskosten, früher anfallenden Reparaturen, wahrscheinlich rascherem ökonomischen und technischen Wertuntergang, dem Einnahmeentgang während der Reparaturzeit und vielem anderen teuer nachbezahlt werden müßte. Besonders empfindlich sind in dieser Hinsicht die Explosionsmotore wegen des feingliedrigen Baus und der hohen Umlaufzahlen; die bessere Ausführung hält nicht nur der natürlichen Abnützung der gleitenden Teile des Mechanismus länger stand, sondern sie wertet auch infolge besserer Dichtung und sich länger erhaltender geringer Reibung die frei gemachten Energien besser aus, und läßt annehmen, daß Brennstoffvergasung, Ölbedarf, Dimensionierungen und Schwerpunktsbalanzierung entsprechend der noch in Fluß befindlichen Entwicklung wirtschaftlicher gehalten sind. Die Bedeutung der ebenfalls in der Qualität zum Ausdruck kommenden Stabilität der bewegungsmotorischen Fahrzeuge braucht bei den schlechten Fahrbahnverhältnissen des forstlichen Betriebs nicht besonders erläutert zu werden. Ähnlich wie mit der geringeren Qualität verhält es sich mit gebrauchten Maschinen, weshalb diese aus den gleichen Gründen abzulehnen sind; hier ist bei den verbrennungsmotorischen Maschinen die Gefahr des technischen Wertunterganges besonders groß, weil die Abnützung — ohne erkennbar zu sein — teilweise so weit vorgeschritten sein kann, daß die Maschine schon nach kurzem weiteren Gebrauch nahezu wertlos wird. Zähne der Wechsel- und Ausgleichgetriebe, Nocken und andere gleitende Teile tragen nur eine dünne glasharte Härteschicht, nach deren Durchscheuerung ganze Elemente unbrauchbar werden. — Diesen Forderungen wird am besten damit Rechnung getragen, daß zum Bezug nur verbreitete bekannte Marken ausersehen werden. Für solche spricht die Wahrscheinlichkeit besserer Durchkonstruktion infolge größerer Erfahrungen und besserer Leistungsfähigkeit im Maschinenbau, reeller Lieferung, und der

große Vorteil, im Beschädigungsfalle ohne zeit- und geldkostende Sonderfertigung Ersatzteile aus der Serienfabrikation — wie musterhaft bei Ford organisiert — zu erhalten; dies wird erleichtert und beschleunigt, wenn das Mutterwerk nahegelegen ist. Bekannte Typen lassen sich auch leichter wieder veräußern, weshalb Erstmechanisierungen bis zur Festigung des Maschinenbetriebs zur Minderung des Risikos nur mit solchen vorgenommen werden sollten. Auch der Nachkonsum greift lieber nach bekannten Marken.

Die konsequente Anerkennung des Qualitätsanspruches kostet nun entweder größere Geldopfer, oder sie nötigt zu Einschränkungen des beabsichtigten Maschinenparkes; der Gattungs- und Artenreichtum zur Auswahl wird davon nicht berührt. Hierzu können die Verhältnisse so klar liegen, daß — wie für den entlegenen Holzhof- und Sägebetrieb von entsprechender Größe die sägemehlgeheizte Dampfmaschine — das Zweckmäßigste ohne Schwierigkeiten zu finden ist, während in anderen Fällen die Wahl einen mehr oder minder großen Anhalt an bestimmte Bedarfsrichtungen und -intensitäten oder Gunst und Ungunst der Verhältnisse erfahren wird. Wo hingegen nur ganz allgemeiner Bedarf erkennbar ist, wie beispielsweise fühlbar werdender Mangel an Arbeitskräften bei beabsichtigten Betriebsintensivierungen oder im normalen Betrieb bei Abwanderung, steht der Maschine unter dem Ziel des Kräfteersatzes das ganze Gebiet zum Einsatz offen. Gäbe es nun eine Konstruktion mit Tauglichkeit zu allen forstlichen Arbeiten, dann wäre darin mit der besten betrieblichen Eignung gleichzeitig ihre höchste finanzielle Leistungsfähigkeit verbürgt. Sie könnte dauernd Beschäftigung finden und von den zu jeder Zeit anfallenden Arbeiten jeweils die dringendsten oder wirksamsten Teile übernehmen. Es braucht nicht betont zu werden, daß dieses Ideal weder heute noch in einer Zukunft erreichbar ist, daß aber andrerseits dem Maschinenunternehmen im gleichen Grade der Grund zum Gelingen gelegt wird, in dem diesem Ideal nahe gekommen wird. Hierzu eröffnen sich organisatorische Möglichkeiten: Zu beginnen ist mit einer zeitlichen Gliederung und Wertstufung der Arbeiten nach den Gesichtspunkten technischer und wirtschaftlicher Eignung, dann unter Einbeziehung aller mitbestimmenden Verhältnisse ein loser Arbeitsplan zu entwickeln und gleichzeitig das Gesamtgebiet der Maschinen zu sondern und das tauglich Erscheinende in die Organisation einzubeziehen. Leistungsbedarf und Leistungsmöglichkeit können für gegebene Verhältnisse (z. B. Weg- und Grundverhältnisse) weitgehend wissenschaftlich ermittelt werden. Die zeitliche Gliederung ist nur sehr beschränkt dem Wirtschafter anheimgegeben, weil die meisten forstlichen Arbeiten eng an den Vegetationsprozeß der Bäume gebunden sind. Die technische Eignung wurde früher besprochen; die wirtschaftliche resultiert aus der finanziellen, welche in den verhältnismäßigen Kosten der Maschinenarbeit ihren Ausdruck findet, und der Eignung, welche sie speziell für den Betrieb hat. Von den außerhalb des forstlichen Betriebs liegenden Verhältnissen ist besonders wichtig die Lage zu Reparaturwerkstätten, ferner die Gelegenheit Spezialmaschinen leihweise zu be-

kommen und schließlich eigene durch zeitweise Überlassung an fremde Betriebe während der entbehrlichen Zeit lohnend zu machen. Im übrigen wird die Stillstandszeit zur Wiederinstandsetzung benötigt. Der betriebswirtschaftliche Wert der Maschine wird erhöht, wenn ihre Teile und Betriebsstoffe geringe anderweitige Brauchbarkeit besitzen, weil sie dann weniger der Gefahr der Veruntreuung ausgesetzt sind.

Die finanzielle Eignung von Maschine und Arbeit muß für die Zwecke der beschriebenen Organisationsbildung zunächst geschätzt werden, was durch rechnerische Voranschläge oder Bezugnahme auf gleichliegende Verhältnisse geschehen kann. Die Wirklichkeit wird damit nie getroffen; zu Rechnungen sind zu wenig genaue Angaben zu erbringen und Analogieschlüsse setzen vergleichsfähige Objekte voraus, die bei der heutigen geringen Verankerung forstlichen Maschinenwesens noch kaum existieren können und bei der starken Verschiedenheit der forstlichen Verhältnisse auch in fortgeschrittenerer Zeit nur ausnahmsweise zu finden sein werden. Erst die Ziffern der Leistungs- und Wirtschaftsbücher ergeben Anhaltspunkte zur Erkenntnis der tatsächlichen Wirtschaftlichkeit, die jedoch auch durch diese noch nicht mit unbedingter Zuverlässigkeit klargelegt wird. Es läßt sich z. B. die Flugzeugverwendung zur Insektenbekämpfung als prophylaktische Maßnahme überhaupt nicht und als Rettungsaktion an einem befallenen untergangbedrohten Bestand nur sehr schwach nach Kosten und Nutzen vergleichen, während der Flugzeuggebrauch zu Forsteinrichtungsarbeiten so grundsätzlich von den bisher geübten Methoden abweicht, Umfang und Art der Auswertung und Brauchbarkeit der Ergebnisse so verschieden sind, daß wiederum zur Errechnung der Wirtschaftlichkeit die erforderliche Vergleichbarkeit fehlt. Ferner lassen sich Nebenwirkungen des Maschinengebrauchs und Qualitätsunterschiede gegenüber bisheriger menschlicher oder tierischer Arbeit nicht, oder weil besser nicht möglich, nur sehr unbestimmt in Ansatz bringen, und schließlich können die Quoten für Risiko und Amortisation als Zukunftswerte stets nur mutmaßlich angenommen werden, wenn sie nicht durch Versicherungsabkommen auf feste Größen gebracht sind. Exakte Berechnungen im vorbeschriebenen Sinn sind jedoch größtenteils nur von theoretischer Bedeutung; denn praktisch haben auch die unmeßbaren Leistungen eine finanzielle Wertsgrenze, über die hinaus ihre Kosten nicht mehr vertretbar sind, und genügen außerdem vielfach rohe Vergleiche von Opfer und Gewinn hier und dort vollständig, da meist betriebswirtschaftliche oder sonstige Vorteile die finanzielle Seite nicht allein ausschlaggebend sein lassen. Und schließlich bezieht sich der Großteil der Mechanisierungen auf Arbeiten, die bisher von Mensch oder Tier mit ganz bestimmtem Kostenaufwand ausgeführt wurden, dem gegenüber der neue vergleichbar ist, und der wie bei Menschen- und Tierarbeit durch Abzug vom Erlös oder durch andere Fassung leicht als vertretbar oder unannehmbar festgestellt werden kann. Wo sich negative Ergebnisse nur aus beschränktem Arbeitsfeld ableiten, kann die Maschine während der Betriebs-

zeit dem Forstbetrieb leihweise beschafft werden, wobei allerdings wieder die Annahme günstiger Resultate im Vergleich von Leihkosten und Nutzen vorauszusetzen ist.

Diese Überlegungen beziehen sich naturgemäß zunächst auf die kostspieligeren motorischen Maschinen. Motorlose haben nicht nur im großen Durchschnitt einen unverhältnismäßig billigeren Anschaffungspreis, sondern auch nahezu keine Betriebskosten und viel längere Lebensdauer. Dadurch, daß sie nur als Bindeglieder der weniger ergiebigen menschlichen oder tierischen Arbeitskraft fungieren, wird bei gleichen Voraussetzungen ihre Beschäftigungszeit gegenüber motorischen Maschinen verlängert; dies erweitert ihre Berechtigungsgrenzen und ermöglicht raschere Amortisation. In der Regel sind die Werte der motorlosen Maschinen so gering und die rechnerischen Operationen so unsicher und unfruchtbar, daß Rentabilitätsrechnungen zwecklos sind.

Wie schon betont, darf die Maschinenbeschaffung nicht willkürlich erfolgen. Entweder es ist an vorhandene Maschinen anzuknüpfen und eine passende Arbeitsorganisation darauf aufzubauen, oder es ist auf Grund einer Arbeitsorganisation die Maschinenwahl zu treffen. In der besten Verschmelzung von Arbeitsorganisation und Maschine liegt die Hauptquelle zum wirtschaftlichen Erfolg.

Die Formen der Eingliederung sind neben dem Kauf der leih- und mietweise Gebrauch. Diese sind am Platze, wo der Betrieb keine teuren Maschinenbeschaffungen tragen oder die eigenen nicht genügend beschäftigen kann, wo die Maschinenverwendung nur versuchsweise angestellt, bezw. nur ausnahmsweise (Kalamitäten) benötigt ist. Wenn Arbeiter im eigenen Betrieb vorhanden sind, die die Maschine handzuhaben vermögen und die Möglichkeit vollkommener Aufnahme der Maschine in den Betrieb während der Dauer der Leihe (Einstellräume) gegeben ist, erstreckt sich die Leihe zweckmäßig nur auf die Maschine allein. Bei komplizierten, hochwertigen Maschinen aber, die ohne Spezialbedienung leicht Schaden nehmen und weniger zuverlässig arbeiten, empfiehlt es sich die nötige Bedienungsmannschaft mitzudingen und das Risiko für die Maschine dem Eigentümer zu belassen. Flugzeuge können, wenn nicht im Eigentum befindlich, mangels geeigneter Bedienung überhaupt kaum anders verwendet werden. Gelegenheit vorausgesetzt, ist diese letztere Form der Eingliederung auch die einfachste für den dringlicher werdenden Bedarf an automobiler Fahrgelegenheit für den Betriebsleiter. Das unvermeidliche Mitkommen fremder am Wald nicht positiv interessierter Menschen, sowie die teilweise größere Abhängigkeit sind allerdings nachteilig, dafür wird der Forstbeamte der Sorgen um Bedienung, Instandhaltung usw. enthoben und schließlich auch die Rechnung stabiler.

Wenn zum Problembegriff schon gewisse Flächenausdehnungen gehören, so wächst das Problem naturgemäß mit der Größe des Objekts. Die Grundlagen bleiben die gleichen, aber der Aufgabenkreis wird erweitert, die Tragweite der Entschlüsse größer und ihre Belange vom Privatwirtschaftlichen ins Volks-

wirtschaftliche gerückt. Die Dispositionen brauchen weniger eng an das Bestehende gehalten zu werden, weil dieses und die Ursachen des künftig Bestehenden im größeren Rahmen selbst wieder in Grenzen wandlungsfähig sind. Danach kommt den Oganisationsfragen in großen Forstverwaltungen, den staatlichen namentlich, ganz andere Bedeutung zu.

Die Organisation hat zu umfassen:

1. Die Heranbildung des geeignetsten Verwaltungs- und Arbeiterpersonals. Diese kann reibungslos durch fakultative Eingliederung des Maschinenwesens in den Lehrplan der forstlichen Hoch- und Mittelschulen angebahnt und die Möglichkeit anschließender praktischer Information an mustergültigen Maschinenforstämtern fortgesetzt werden, wobei schon während der Lehrzeit eine gewisse Auslese mittels Qualifikationen zu erreichen ist; Lehrfähigkeit wird auf seiten des Verwaltungspersonals solcher Ämter vorausgesetzt. Die Aufnahme in den Lehrplan der forstlichen Hochschulen ist schon deshalb leichter möglich, als grundlegende Kenntnisse bereits im Pensum der forstlich-naturwissenschaftlichen Fächer (in Mathematik, Physik, Chemie) und praktisch Belangvolles in den forstlichen Ingenieurwissenschaften vermittelt wird. Technische Schulung ist umso wichtiger, je mehr Maschinenkapital — qualitativ hauptsächlich — dem Forstmann überantwortet werden soll. Die im Vordergrund stehenden forstlichen Interessen lassen die gesamte theoretische wie praktische Ausbildung in forstlichen Händen wünschenswert erscheinen. Das untere Personal kann durch zeitweilige Dienstleistung an Maschinenforstämtern, die Arbeiterschaft durch Wanderlehrer am Platz die nötige Ausbildung erhalten.

2. Die zweckmäßigste Gestaltung des Maschinenparks

a) durch Verwendung möglichst einfacher und leicht zu reparierender Maschinen, weil diese in der Hand des Geschulten nicht schlechter als kompliziertere Ausführungen, im übrigen aber billiger, dauerhafter, leichter zu bedienen, zu reinigen und zu pflegen sind. Ihre Störungsquellen sind zahlenmäßig geringer und leichter auffindbar.

b) durch möglichst wirtschaftliche Maschinen, aus den sich daraus ergebenden ökonomischen Vorteilen. Rohölmotore sind nicht nur im Betrieb, sondern auch dadurch sparsamer, daß ihre Betriebsstoffe weniger leicht dem Diebstahl oder Feuer anheimfallen.

c) durch Abminderung des gesamten maschinellen Bedarfes auf geringst mögliche Einheitsformen. Gleichzeitig mit der Schaffung von Einheitstypen innerhalb der Gattungen sind auch die Betriebsstoffe zu normen. Die Vorteile, die sich daraus ergeben, sind:

I. Die Maschinen werden durch die massenhafte Herstellung (Serienfabrikation, geringe Reklamekosten) billiger und lassen infolge der konzentrierten Verbesserungsbestrebungen auch bessere Qualitäten erwarten.

II. Die Normung, die trotz unbestrittener wirtschaftlicher und organisatorischer Vorteile nur langsam durchdringt, wird für den forstlichen Maschinenbetrieb unabhängig von ihrer allgemeinen Entwicklung heute schon erreicht. Teile sind leichter ersetzbar, die Werkzeuge überall zu verwenden und die allgemeine Brauchbarkeit der Maschine steigt, weil die gleiche Type überall darauf Geschulte findet und umgekehrt auch die mit der bestimmten Maschine vertrauten Arbeiter auch an anderen Ämtern jederzeit mit Erfolg verwendet werden können. Der Maschinenwechsel innerhalb der Ämter wird erleichtert.

III. Der gesamte Maschinenpark wird infolge der geringen Typenzahl und der ursprünglichen Übereinstimmung in Material und Ausführung kontrollfähiger.

IV. Dadurch, daß sich Meinungen und Erfahrungen auf gleiche Objekte beziehen, wird der Gedankenaustausch fruchtbarer. Zweckmäßige Vorschläge erhalten durch die zu erwartende breitere Unterstützung mehr Aussicht auf Erfolg.

3. Die Bildung von Zentralstellen auf Grund des vereinheitlichten Maschinenwesens. Der Zentralstelle fällt zunächst die Versorgung der Betriebe mit Maschinen und maschinellem Zubehör, sowie mit Betriebsstoffen zu. Sie unterhält ein Ersatzteil- und Werkzeuglager für den ganzen forstlichen Maschinenbetrieb, wodurch die verteuernde Kapitalinvestition für tote Reserven (Ersatzteile und besonders Reifen, welche nur zeitlich begrenzte Lagerung vertragen) auf ein Minimum gebracht und die sachgemäßeste Aufbewahrung in geeigneten Räumen ermöglicht und verbürgt wird. Die Lieferung von Maschinen, Ersatzteilen und Betriebsstoffen erfolgt in unmittelbarer Abgabe an das bedarfmeldende Amt, dem gleichzeitig die Sorgen um richtige und rechtzeitige Materialzustellung genommen und in allem Rückhalt an die beratende Zentralstelle gegeben wird. Verteilung und Verschiebungen sind leicht zu überblicken und zu regeln, alle Vorgänge mit geringer Mühe an der Quelle festzustellen. Durch diese zentralisierte Materialverwaltung würde nicht nur den Ämtern ein Teil der nötigen Statistiken erspart, sondern gleichzeitig für die gepflogenen absolute Zuverlässigkeit garantiert. Der Rechnungsgang könnte abgekürzt, der Rechnungszweck durch die vergleichsfähigen Buchungen aller Maschinenverwendungen am besten erreicht werden. Es ließe sich schließlich ohne Zugeständnis schwer kontrollierbarer Kompetenzen der Spielraum persönlicher Wirtschaftsfreiheit an den Ämtern vergrößern. — Zum Aufgabenkreis der korporativen Stelle des forstlichen Maschinenwesens gehört nötigenfalls Einflußnahme auf die einschlägige Steuer- und Polizeigesetzgebung, auf wirtschaftliche und technische Entwicklung, und die Leitung des gesamten einschlägigen Versuchswesens, weil solches leicht in zeit- und geldverschlingendes „Versuchen" ausarten kann, wenn der Individualinitiative zu viel freie Bahn gelassen wird. Schon in der notwendig werdenden Formulierung der Vorschläge liegt eine

gewisse Gewähr für Versuchswürdigkeit; zur Durchführung kann immerhin die vorschlagende Stelle (Forstamt) ausersehen oder beigezogen werden.

III. Zukunftsfragen der forstlichen Maschinenfrage.

Die konkrete umschreibbare forstliche Maschinenfrage der Gegenwart wird mit dem Fortschritt der Zeit zu immer umfassenderen und schließlich — so ist es wenigstens denkbar — endgültigen Resultaten gelangen; hingegen wird die forstliche Maschinenfrage als die jeweilige Zusammenfassung aller forstlichen, technischen und sozialen Momente, welche die Stellung der Maschine in der Forstwirtschaft bedingen, in kaum einer Zukunft mehr aus dem Kreis der forstwirtschaftlichen Probleme schwinden.

In technischer Hinsicht werden Entwicklungsmöglichkeiten schon deshalb nie in Abrede gestellt werden können, weil der Kompromißcharakter fast aller forstlichen Maschinenverwendungen keine Gewähr bietet, daß den beiderseitigen Forderungen — des qualitativen Arbeitsbedarfs forstlicherseits und der starren Arbeitsweise auf seiten der Maschine — in bestmöglicher Weise entsprochen ist, und dann weil stets neue Erfindungen und Ideen mit Belangen zur Forstwirtschaft möglich sind, die neue Fragestellungen der technischen Auswertung nach sich ziehen. Die völlig neuartige Maschinenverwendung läßt sich von der Mechanisierung bereits geübter Handarbeitsmethoden insofern trennen, als letztere ein Gebiet mit feststellbaren Grenzen und errechenbarer Tragfähigkeit ist, das nur noch in der Richtung des Ausbaus Zukunft hat. Daß die forstliche Mechanisierung natürlich niemals eine der industriellen ähnliche Entwicklung nehmen kann, ist bei dem qualitativ und quantitativ gebundenen Arbeitsbedarf klar; es genügen vielmehr bisweilen selbst da, wo man der Maschine Vorzugsrechte einräumen möchte, schon kleine Vorteile der individuellen organischen Arbeit zu ihrer Ablehnung. (So werden z. B. in den Halstenbekschen Pflanzgartenbetrieben keine Maschinen verwendet.) Im Zusammenhang mit diesen Fragen wird man der Verfeinerung der Handarbeit und dem Studium der Übertragung ihrer Formen auf Mechanismen besondere Aufmerksamkeit zuwenden müssen.

In ökonomischer Richtung lassen sich Entwicklungsmöglichkeiten wegen der Relativität des Wirtschaftlichkeitsbegriffes niemals abstreiten. Sie können sich auf alltechnische und naturwissenschaftliche Fortschritte stützen, sind nahezu unbegrenzt und schon deshalb zukunftsreich, weil die Taylorisierung der forstlichen Arbeitsmittel und -kräfte erst in Anfängen begriffen ist.

Die tatsächliche Entwicklung der forstlichen Maschinenfrage wird bei dem gegenwärtig unzulänglichen Stande größtenteils davon abhängen, welche Sorgfalt man den technischen und wirtschaftlichen Problemen im Arbeitsgebiet der Forstwissenschaften angedeihen läßt. Die schon berührte Tatsache, daß mehrfach sowohl Arbeitsmittel durch wissenschaftliche Methodik wie auch

Motore durch bessere Einstellung auf die Bedürfnisse der Praxis entwicklungsfähig sind, gehörte vor allem praktisch gewürdigt. Daß die forstliche Maschine im rohen, aus Holzreserven schöpfenden Okkupationsbetrieb und bei Kalamitäten eine geradezu ausschlaggebende Rolle spielen wird, ist ebenso unzweifelhaft wie ihre künftige Einbürgerung in den heimischen Forstbetrieb. Mit fortschreitender Zivilisation ist das Zurückdrängen der Forstwirtschaft auf absolute Waldgebiete und forstlicher Arbeitermangel zu erwarten, die Nachfrage nach Holz wird nie aufhören, die Betriebsintensität mit steigenden Holzpreisen wachsen, der Preis für menschliche Arbeit größer und der für maschinelle durch bessere Konstruktionen und billigere Material- und Herstellungskosten geringer werden. Je bestimmter derartige Entwicklungsgänge vorauszusehen sind, desto größer ist natürlich die wirtschaftliche Pflicht zu rechtzeitiger Einstellung; Wegbauten können vor der Zeit schon auf automobilen Transport abgestimmt und ebenso neben vielem andern für forstliche Maschinen entwicklungsfördernde behördliche Freiheiten erwirkt werden.

Der Bedarf an Maschinen wird sich — wenn man die eben gebrauchte Unterscheidung von okkupativer und pfleglicher Wirtschaft auch dem Dringlichkeitsbedürfnis zugrunde legen will — zunächst auf die Säge- und Transportarbeit im großen beziehen; im Vordergrund stehen hierbei die motorische Säge, der Schlepper und das ebenso wichtige wie heikle Problem der „fliegenden" (Drahtseil-) Riese oder Bahn für schwieriges Gelände. In zweiter Linie wird Bedarf an Maschinen sein, die der intensiven Wirtschaft, der Verfeinerung des Betriebes dienen und mehr nach Qualität arbeiten; somit vor allem Zug- und Kulturmaschinen (spezialisierte Bodenfräsen usw.), die den Arbeitsverhältnissen im Walde angepaßt sind. Der Massenbetrieb wird häufig mit technisch geschultem Personal arbeiten können; doch ist auch hier vorteilhaft, was für den normalen Forstbetrieb ungeheuer wichtig ist, daß die von der einzelnen Maschine mehr oder minder geforderten fachlichen, physischen und psychischen Voraussetzungen denen des Forstberufs, soweit nur irgend noch wirtschaftlich vertretbar, angepaßt werden. Dem trägt nichts so sehr Rechnung als Einfachheit.

Die technischen und organisatorischen Aufgaben der forstlichen Maschinenfrage zerfallen in solche, die nur gedanklich bezw. auf dem Zeichenbrett zu lösen sind, und solche, die der Versuch bezw. die Praxis lehrt. Unter welchen Umständen und innerhalb welcher Grenzen Versuche rationell sind, ist eine Frage, die hier unberücksichtigt bleiben darf; aber daß sie ganz allgemein und namentlich dort, wo mit öffentlichen Mitteln gearbeitet wird, nur insoweit zu rechtfertigen sind, als sie die erforderliche Ergänzung der durch Theorie gewinnbaren Erkenntnisse bilden, ist finanzwirtschaftlich betrachtet klar. Im übrigen dürfte für beginnende und sanierungsbedürftige Mechanisierungen das Studium hochentwickelter Maschinenbetriebe nicht nur billiger, sondern auch erfolgversprechender als der Weg über Versuche sein.

Die forstlich strittigsten und erstrebenswertesten Maschinen sind

1. die Transportmaschine (für Transport im weiteren Sinn, also auch Pflugzug),

2. die motorische Säge.

Wenn wir uns im ersten Fall für den Räderschlepper mit langsamlaufendem Glühkopfmotor entscheiden, so sprechen

a) für den Glühkopfmotor die früher besprochenen Vorteile dieser Motorenart hinsichtlich einfacher Konstruktion, geringer Anschaffungs- und Betriebskosten, verminderter Brandgefahr usw. — Der Dieselmotor bleibt einer ferneren Zukunft vorbehalten;

b) für die Langsamtourigkeit die bessere Eignung zur Arbeits-, insbesondere auch zu standmotorischer (stationierender) Verwendung, sowie die längere Lebensfähigkeit von Motor und Chassis. Die langsamere Fahrt bildet im Bestand keinen Nachteil, weil höhere Geschwindigkeiten dort gar nicht zur Auswirkung kommen können und bei den geringen Entfernungen normalen Materialtransportes die erzielbare Zeitverkürzung nicht sehr in die Wage fällt. Letzteres um so mehr, als die üblichen schlechten Wegverhältnisse auch auf freier Strecke zu mäßigem Tempo zwingen und die Befestigung der Ladung nicht immer großen Geschwindigkeiten entsprechend gehalten werden kann. Im übrigen dürfte dem kaufenden Publikum wie dem Forstbetrieb selbst an der Sicherheit des Transportes wesentlich mehr gelegen sein als an einer nur wenige Stunden Vorsprung bietenden Schnelligkeit. Langsamfahrende Maschinen sind auch weniger empfindlich als schnellaufende;

c) für die Selbständigkeit der Zugmaschine, daß sie vielseitiger, beweglicher, bei Fahrthemmungen leichter frei zu machen und dadurch zu ununterbrochener Arbeit verwendbar ist, daß sie während der sonst nutzlosen Zeit des Auf- und Abladens usw. nicht an den Platz gebunden ist;

d) für die Bevorzugung des Radantriebs gegenüber Raupen die zahlreichen schon behandelten Schwächen der letzteren. Der Räderschlepper kann durch den Bau verschiedener Motorstärken, durch spezialisierte Getriebedifferenzierung und auswechselbare Radorgane verschiedener Modelle den Grundverhältnissen angepaßt, eventuell mangelnde Bodenreibung auf schwachen Böden durch Hintereinanderkuppelung zweier Maschinen und bei festen durch wasserfassende Tanks usw. erhöht werden. Auf die Vorzüge des Raupenantriebs braucht überhaupt gar nicht verzichtet zu werden, wenn (wie beim Fordson-Traktor) in konstruktiv sehr einfachen Maßnahmen ein leicht möglicher Wechsel von Räder- und Kettenantrieb vorgesehen wird, wobei dann der Radschlepper, solange er auf Ketten läuft, arbeitet und geführt (gelenkt) wird wie ein Raupenschlepper. — Wenn man vom geringeren Bodendruck absieht, so ist der große Vorteil des Raupenantriebs der, daß jeder Teil der langgestreckten Bodenauflage an der Fortbewegung teilnimmt, bezw. für die Fort-

bewegung tätig werden kann. Beim Überqueren feuchter Bifangäcker mit nassen Furchen und trockeneren Schollen sind z. B. Verhältnisse denkbar, denen sich nur noch die Raupe gewachsen zeigt, indem sie sich nach dem bekannten Prinzip von einem Erdbalken zum andern fortwälzt. Solche Fälle sind indes so extrem und selten, daß man sich den Abhängigkeitsbereich des bewegungsmotorischen Fahrzeugs vom Bodenzustand nicht allzusehr verringert zu denken braucht, wenn zur Fortbewegung nur reine Zug- und Schubkräfte — also ohne das kontinuierlich mit sämtlichen Antriebsphasen arbeitende Band — zusammenwirken. In diesem Sinne arbeitet der vierradgetriebene Radschlepper, in dem wir als Art Mittelkonstruktion zwischen Rad- und Raupenschlepper den Zukunftstyp der forstlichen Transportmaschine sehen möchten. Der Vierradantriebgedanke ist nun keineswegs neu und wurde einigemal schon für Zugmaschinen in greifbare Formen gegossen, aber seine allgemeine Übertragung in die Praxis scheitert immer noch an Schwierigkeiten baulicher Natur, die groß genug sind, ihn bei einer Betrachtung dessen, was im Bereich des Möglichen nahe oder ferne liegt, dem letzteren zuzurechnen. Hierzu folgendes: Die Laufräder eines normalen vierrädrigen Fahrzeugs sitzen entweder (fest oder drehbar) direkt auf den Wagenachsen, sind dann leicht anzutreiben, jedoch nicht mehr für die automobile Lenkung zu verwenden; oder aber sie sind für die Zwecke des Lenkens um senkrechte Bolzen schwenkbar angeordnet und dann nur noch sehr schwer für den Antrieb zu gebrauchen. (Die vom Pferdefuhrwerk her bekannte Lenkart versagt beim Kraftfahrzeug, welches aus Gleichgewichtsgründen tiefe Schwerpunktslagerung und einfache Rahmenformen verlangt, meistens.) Das normale Fahrzeug stützt sich auf zwei Achsen mit je zwei Rädern an den Enden, und es liegt nahe, der einen die Lenkung und der andern den Antrieb zu geben. Hierbei dominiert das System des Hinterradantriebs, obwohl ihm der Vorderradantrieb, weil er

1. über Unebenheiten in der Fahrbahn hinwegklettert,
2. namentlich in der Kurve die dem Radeinschlag entsprechende Fahrtrichtung sicherer behält,

in zwei wesentlichen Punkten überlegen ist. Der Grund liegt in den Mängeln des Vorderradantriebs, die im einen Fall, wenn Lenkung und Antrieb vorn liegen, in den Komplikationen dieser Kombination gelegen sind, und im zweiten Fall, wenn umgekehrt wie beim normalen Automobil die vordern Räder angetrieben und die rückwärtigen gelenkt werden, sich dadurch bemerkbar machen, daß infolge anderer Auswirkung des Radeinschlages das Regulieren der Kurve auf das richtige Maß große Schwierigkeiten macht. Für den forstlichen Schlepper muß deshalb trotz aller Vorzüge auf Vorderradantrieb verzichtet werden und vollends natürlich auf den vierrädrigen, der zur Bedingung macht, daß man zum Hinterradantrieb die kombinierten Lenk- und Treibräder vorn und darüber hinaus noch eine ganze Summe von Differentialgetrieben zum Ausgleich der in vier verschiedenen Kurvengeschwindigkeiten

laufenden Räder in Kauf nimmt. — Vielleicht finden sich einmal bessere mechanische Lösungen, die möglicherweise dann sogar an Sechsradantrieb denken lassen. Der Radschlepper der Gegenwart wird jedenfalls beim Hinterradantrieb bleiben müssen, doch läßt sich für Bedarfsfälle die zweiterwähnte Art des Vorderradantriebs im selben Maße gewinnen, in dem man seine Entwicklungsfähigkeit im Rückwärtsgang (durch freiere Sicht, geeignete Schaltungs-, Sitz-, Lenkrad- und Hebelanordnung usw.) fördert.

Die motorische Säge entspricht — wie erwähnt — in den bisherigen Konstruktionen noch nicht so ganz, wiewohl das Prinzip der Gliederkettensäge nicht von der Hand zu weisen ist. Zu ihrer Verbesserung müßte der im Sägerahmen (bezw. -schiene) fest verankerte Motor von jeder Lageveränderung unbeeinflußbar gemacht werden, was zwar beim Explosionsmotor möglich ist, wahrscheinlich vorteilhafter aber durch Verwendung von Elektro- oder Druckluftmotor erreicht wird. Verloren ginge allerdings die Unabhängigkeit der benzinmotorischen Säge von der Kraftquelle, andrerseits würde durch größere Einfachheit und elastischeres Arbeitsvermögen gewonnen. Die Energieerzeugung könnte durch einen fahrbar gemachten Verbrennungsmotor mit gekuppelter Luftpumpe oder Dynamomaschine, oder vom Standpunkt der Normung zweckmäßiger noch in der Weise geschehen, daß dem „genormten" Radschlepper die entsprechende Maschine ähnlich wie die accessorische Seilwinde einrückbar beigegeben wird. Bei solcher Anordnung würde der Verbrennungsmotor in erschütterungsfreier gleichmäßiger Belastung und schließlich auch mit billigen Treibölen arbeiten können, ließe sich die Säge im regellosesten Windwurf gebrauchen, könnten Schalt- und Reguliervorrichtungen leicht an der Säge angebracht und bedient werden und fiele Brandgefahr weg. Die Kraftübertragung gelänge ohne Standwechsel der Krafterzeugungsmaschine auf alle praktisch in Frage kommenden Entfernungen, namentlich ließe sich das schnurähnliche elektrische Kabel nicht nur unbegrenzt verlängern, sondern auch durch zwischengeschaltete Steckkontakte jederzeit und jederorts mühelos verlegen. — Diesen Betrachtungen liegt die grundsätzliche Beibehaltung des Bisherigen zugrunde; vielleicht erweist es sich einmal zweckmäßiger, bei Anwendung von Maschinenkraft das Sägen, das doch nur eine der Methoden und Möglichkeiten der Trennung von Körpern ist, in anderen als den heute üblichen Formen auszuführen, oder zur ursprünglichen Art der Hin- und Herbewegung eines Sägeblattes zurückzukehren. Als wesentlich ist anzusehen, daß die erreichte zweimännige Bedienung der motorischen Säge nicht mehr verschlechtert, sondern möglichst noch durch eine einmännige für einen Teil der Sägearbeiten verbessert wird.

Es steht noch an, jenen Kreis von (wirklichen und möglichen) Arbeiten, der im Zusammenhang mit den bekannten Fragestellungen die forstliche Maschinenfrage ausmacht, hinsichtlich seines Umfanges festzustellen. Wenn man die jeder klaren Scheidung abholden Kausalitätsbegriffe fernhält, dann erhalten die fraglichen Arbeiten sofort durch ihre Verbundenheit mit dem

Produktionsstandort bezw. dem Produktionsgut ihr deutliches äußeres Gepräge, zu welchem als inneres Charakteristikum meist eine unmittelbare Einwirkung auf das forstliche Naturgeschehen gefunden wird. Arbeiten und Maschinen des forstlichen Kanzleidienstes und die sich daran knüpfenden Probleme bilden eine gesonderte „Maschinenfrage der forstlichen Innenarbeiten", die mit vollständig veränderten Arbeitsphänomenen auf ganz andere — hauptsächlich organisatorische — Ideen aufbauen muß.

Schlußwort: Alles Neue verfällt gern den Gefahren einseitiger Unterschätzung oder Überwertung; das eine versäumt den Vorteil, das andere übertreibt zu Moden und beide gehen schließlich den Weg des Rückschritts. Im Studium der forstlichen Maschinenfrage liegt noch keine Gewähr für bestimmten Erfolg; seinen Nutzen spendet es in der wertvollen Grundstimmung für die nüchterne Betrachtungsweise: sine ira et studio.

An Literatur wurde benützt:

Barsch, Verwendung von Kraftfahrzeugen bei der Mechanisierung der Forstwirtschaft.
Endres, Handbuch der Forstpolitik.
Gayer-Fabricius, Die Forstbenutzung.
Philippovich, Grundriß der politischen Ökonomie.
Schüpfer, Grundriß der Forstwissenschaft.
Tschaen, Das Kraftfahrzeug im Dienste der Forstwirtschaft.

Ferner die Tages- und Fachpresse der vergangenen Jahre, Prospekt- und Auskunftsmaterial fraglicher Firmen, und außerdem einschlägige Lexika.

Druck von Hermann Beyer & Söhne (Beyer & Mann) in Langensalza.